

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

Институт экономики и управления

Ю.С. Пер

Экономическая метрология

Квалиметрия в управлении проектированием

Монография

Ижевск
2019

УДК 331.1
ББК 65.24в642
П26

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УдГУ

П26 Пер Ю.С. **Экономическая метрология. Квалиметрия в управлении проектированием:** Монография. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет». 2019. – 448 с.

ISBN 978-5-4312-0709-9

Содержание монографии является частью научного направления «Экономическая метрология». В ней изложены принципы, методы и практические примеры применения теории и методологии квалиметрии к системообразующим проблемам экономики труда.

Положения и методы квалиметрии, изложенные на примерах производства деталей машин, позволяют изучать систему управления проектами на основе современных требований стандартов ЕСКД, ЕСТД, ИСО, «Бережливое производство».

Обобщающим разделом является проект инженерно-квалиметрического анализа производственной мощности предприятия.

Монография рекомендуется в качестве учебного пособия, относящегося к направлению «Экономика» (38.03.01), в значительной степени является междисциплинарным по различным профилям.

УДК 331.1
ББК 65.24в642

ISBN 978-5-4312-0709-9

© Ю.С. Пер, 2019
© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2019

С о д е р ж а н и е

Введение.....	7
Глава 1. Управление проектированием.....	10
1.1. Управление развитием.....	10
1.2. Инновационное направление поведения.....	13
Глава 2. Принципы квалиметрии в системе требований измеримости качества проектирования.....	18
2.1. Квалиметрия – наука об измерении качества.....	18
2.2. Метод аналога – основной принцип квалиметрии.....	26
2.3. Изделия машиностроения типичные объекты квалиметрии.....	27
Глава 3. Сложность как существенный параметр в управлении проектами..	33
3.1. Сложность и сложные системы.....	33
3.2. Количество информации.....	34
3.3. Всеобщий закон преобразования и накопления информации.....	36
3.4. О методологических принципах измерения сложности.....	37
Глава 4. Структура проектной деятельности.....	39
4.1. Последовательность проектной деятельности.....	39
4.2. Объекты проектной деятельности.....	41
4.3. Деталь – первичный объект в проектной деятельности.....	45
4.4. Состав и виды научно-технической документации в проектировании.....	46
Глава 5. Критерии и показатели рациональности проектов.....	50
5.1. Технологическая рациональность.....	50
5.2. Рациональность конструкции изделия.....	50
5.3. Методологические проблемы и особенности расчета показателей технологической рациональности.....	55
5.4. Себестоимость и стоимость.....	56
5.5. Общеэкономическая постановка проблемы.....	61
5.6. Методологическая концепция.....	64

Глава 6. Квалиметрическая унификация конструкций деталей.....	67
6.1. Унификация и типизация – методы стандартизации.....	67
6.2. Принципы квалиметрии в унификации конструкций деталей.....	67
6.3. Факторы и признаки унификации геометрической формы деталей.....	70
6.4. Унификационная характеристика вещественного содержания геометрической формы деталей.....	72
6.5. Квалиметрические понятия в типизации технологических процессов производства изделий.....	74
6.6. Технологичность конструкции изделия.....	77
6.7. Показатели технологичности конструкции изделия.....	81
Глава 7. Квалиметрический анализ кинематики машин.....	84
7.1. Квалиметрические параметры кинематических схем.....	84
7.2. Показатель сложности кинематической схемы машины.....	88
7.3. Сложность кинематики механизма (машин) редукторов.....	92
7.4. Проектирование квалиметрических параметров кинематики машин.....	96
Глава 8. Квалиметрические шкалы в производстве.....	107
8.1. Шкалы и их назначения в измерениях.....	107
8.2. Шкалы в квалиметрии.....	109
8.3. Измерительные процедуры в квалиметрии.....	115
8.4. Построение дерева свойств и выявление квалиметрических показателей.....	119
8.5. Технологические особенности изготовления деталей машин.....	123
Глава 9. Факторный анализ квалиметрических параметров производства деталей машин.....	127
9.1. Материально-вещественное содержание геометрической формы детали....	127
9.2. Из истории факторного анализа в теории резания.....	127
9.3. Квалиметрический показатель материала детали.....	133
9.4. Квалиметрический показатель шероховатости поверхностей.....	142
9.5. Значение массы детали в оценке ее технологичности.....	148
9.6. Заготовки деталей машин в инженерно-квалиметрическом проектировании	157
9.7. Разнообразие технологических операций в структуре квалиметрических показателей.....	162
9.8. Комплексный квалиметрический показатель производства детали.....	166
9.9. Информационные технологии измерительных процедур.....	171
Глава 10. Структура и особенности технологических показателей производства деталей машин.....	179
10.1. Классификаторы деталей машин.....	179
10.2. Взаимосвязь технологических операций.....	182

10.3. Показатели технологичности конструкции детали.....	186
10.4. Удельная технологическая трудоемкость.....	191
10.5. Нормативы удельной трудоемкости.....	203
10.5.1. Количество деталей в партии.....	204
10.5.2. Особенности построения нормативных таблиц удельной трудоемкости	209
10.5.3. Нормативы типов серийности производства.....	210
10.5.3. Табличные формы нормативов удельной трудоемкости.....	211
10.6. Расчет технологической трудоемкости изготовления деталей.....	212
10.7. Стандартизация показателей качества в производстве деталей.....	214
Глава 11. Процесс труда – квалиметрическая единица экономики.....	224
11.1. Единичный процесс труда.....	224
11.2. Физический и умственный труд.....	228
11.3. Качество и количество труда.....	229
11.4. Физиологи об энергии человека.....	231
11.5. Измерение энергообмена человеческого организма.....	232
11.6. Соотношение между энергией человека и его механической работой.....	232
11.7. Расчет механической работы, совершаемой в процессе труда.....	234
11.8. Динамика и статика в работе.....	235
11.9. Коэффициент тяжести.....	237
11.10. Поправочный коэффициент на микроклимат.....	239
11.11. Поправочный коэффициент на аэрозоли.....	240
11.12. Микроэлементы труда.....	241
Глава 12. Рабочее место – первичное звено производства	244
12.1. Определение рабочего места.....	244
12.2. Целевая функция организации рабочего места.....	245
12.3. Квалиметрические критерии анализа и проектирования рабочего места...	251
12.4. Рабочее место как производственный потенциал.....	257
12.5. Эргономические принципы, методы и содержание проектирования ра- бочих мест.....	261
12.6. Классификация и паспортизация рабочих мест.....	268
12.7. Аттестация рабочих мест.....	274
Глава 13. Квалиметрические нормативы производительности металлоре- жущего оборудования и методы оценки ее использования.....	279
13.1. Квалиметрические показатели производительности металлорежущих станков	279
13.2. Определение максимальной квалиметрической производительности то- карных станков.....	284

13.3. Определение максимальной квалитетической производительности сверлильных станков.....	287
13.4. Определение максимальной квалитетической производительности вертикально-фрезерных станков.....	290
13.5. Определение максимальной квалитетической производительности горизонтально-фрезерных станков.....	293
13.6. Шлифование.....	296
13.6.1. Общие положения.....	296
13.6.2. Сущность и постановка задачи (уточнение для шлифования).....	297
13.6.3. Круглое наружное шлифование с продольной подачей.....	299
13.6.4. Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом.....	301
13.7. Определение использования квалитетической мощности станка.....	303
13.7.1. Общие положения.....	303
13.7.2. Пример расчета.....	306
Глава 14. Инженерно-квалитетический показатель производственной мощности.....	308
14.1. Производственная мощность предприятия машиностроения.....	308
14.2. Производственные параметры мощности.....	310
14.3. Математическое представление показателя производственной мощности..	311
14.4. Реализация инженерно-квалитетического расчета производственной мощности механосборочного предприятия.....	316
14.5. Инженерно-квалитетические параметры редуктора.....	317
14.6. Квалитетически исчисленная номенклатура продукции редукторного предприятия.....	320
14.7. Ресурсы оборудования для производства изделий.....	321
14.8. Энергетические ресурсы предприятия.....	328
14.9. Технологическая оснащенность производства.....	329
14.10. Показатели производственной мощности предприятия ABC «Редуктор».....	333
14.11. Квалитетическая характеристика персонала.....	334
14.12. Инженерно-квалитетические показатели производственной мощности..	336
Заключение.....	340
Рекомендации для студентов и специалистов, интересующихся квалитетрией.....	348
Перечень основных нормативных документов.....	352
Список литературы.....	355
Приложения.....	360

Введение

Машиностроение, представляющее собой комплекс отраслей промышленности, направлено на создание и производство технических средств развития общественной жизни. Подготовка дипломированных специалистов для предприятий машиностроения всегда имела первостепенное значение в системе образования. Значительную часть обучающихся в вузах составляют студенты следующих направлений: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)».

В современных условиях управления обществом инженерное проектирование тесно взаимосвязано с менеджментом – совокупностью принципов, форм, методов, приемов и средств управления производством, функционированием организации и персоналом. Главный смысл и содержание управленческого труда – постановка целей, разработка приемов и способов их достижения. Объекты управленческого труда – организация, ее персонал, информация. Результатом, предметом управленческого труда является решение, которое принимает менеджер.

Совокупность дисциплин и курсов, предусмотренных государственными стандартами и программами обучения инженеров (конструкторов, технологов, метрологов), включает в себя ряд дисциплин, отнесенных к менеджменту. Среди них важное значение для инженера приобретают знания в областях: управление проектами в системе производственного менеджмента, управление технологиями, управление маркетингом, управление качеством, инновационный менеджмент.

Конструкторское и технологическое проектирование в современных условиях базируется на информационных технологиях, поэтому непосредственное значение в инженерных проектировках приобретает методология функционального моделирования IDEFO (PDIDEFO-2000), которая является составной частью программы интегрированной компьютеризации производства ICAM (Integral Computer Aided Manufacturing), направленная на увеличение эффективности промышленных предприятий посредством широкого внедрения компьютерных (информационных) технологий.

Построение системы информационных функций и моделей инженерного проектирования основано на международных принципах и стандартах ЕСКД (Единая система конструкторской документации) и ЕСТПП (Единая система технологической подготовки производства). Целевая функция для конструктора, технолога, метролога, организатора производства (менеджера), исходящая из системы приведенных стандартов, выражается в управлении проектами фундаментальным понятием «технологическая рациональность». Термин отражает

совокупность свойств изделия, выражающих его технологичность с точки зрения соответствия принятых конструктивных решений условиям производства и эксплуатации.

Технологическая рациональность конструкции изделия является динамической характеристикой, поскольку ее уровень непрерывно меняется соответственно изменяющимся методам и средствам изготовления, технического обслуживания и ремонта. Следовательно, обучение методам управления проектами есть непрерывный инновационный процесс.

Технологическая рациональность рассчитывается (измеряется) как по абсолютным значениям, так и по отношению значений этих показателей к значениям базовых показателей, установленных для данных условий производства и эксплуатации изделия и корректируемых по мере изменения этих условий. Изучение методов технологической рациональности должно завершаться расчетами показателей технологичности производства и эксплуатации изделий и сопоставительным анализом количественных значений полученных результатов. Отсюда вытекает необходимость овладения обучающимися методами математического анализа и решения уравнений, хорошего знания прикладных методов физики, химии и приобретения навыков применения их в конструкторско-технологическом проектировании.

Уровень технологической рациональности конструкции изделия регулируется посредством целесообразного выбора и построения состава и структуры изделия, его составных частей, конструктивных элементов, материалов и обеспечения оптимальной их преемственности. Изложенный принцип в учебной практике необходимо показать умением применять в проектной деятельности метод аналогии, составлять дерево целей, дерево свойств, дерево принятия решений.

В ЕСТПП стандартно определены показатели технологической рациональности, которые в ГОСТ 14.201-83 (акт. 2009) даны в виде перечня: «Рекомендуемый перечень показателей технологичности конструкции изделий». В перечне 11 показателей выражаемых числовыми значениями. Специалист, изучающий курс «Управление проектами в машиностроении», обязан знать содержательную сущность показателей, уметь составлять функциональную модель IDEFO для автоматизированного расчета значений выбранных показателей по проектным стадиям конструкторской документации.

Показатели технологичности являются отражением совокупности свойств, присущих проектным решениям конструктора. Управление проектами в машиностроении на первичном уровне производства имеет объект проектирования – изделие и его аналог, который в силу реально существующего образца обладает определенным качеством и совокупностью свойств, количественно определенных показателями технологичности, занесенными в карту технического уровня

продукции (ТУП). Выбранный аналог для проектирования заданного целевого изделия принимается за базовый. Целевая функция в управлении проектной задачей состоит в повышении качества по принятой совокупности свойств, принятых по сравнению с базовым изделием. В этом случае обучающийся по конструкторско-технологическому проектированию обязан знать современную систему управления качеством (стандарты управления качеством продукции, стандарты серии ИСО, требования ТУП, ГОСТ 15467-79 (акт. 2009)), теорию и методологию квалиметрии.

Учебное пособие, исходя из требований международной системы Total Quality Management (TQM) и логики стандартов ИСО, предлагает систему управления проектами в машиностроении, основанную на методологии квалиметрического анализа производства изделий машиностроения. Предлагаемый квалиметрический подход имеет определенный авторский вариант и направлен на ознакомление и использование в проектных задачах вариаций развивающейся теории и методологии квалиметрии.

Результаты конструкторской деятельности в жизни общества проявляются через экономические показатели, которые первоначально формируются технологическими параметрами производства изделия, затем поэтапно в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50-297-90 «Технологическая подготовка производства» и исходящих из него различных методических рекомендаций. Наиболее значимыми для машиностроительного производства являются положения по выбору, проектированию и применению средств технологического оснащения. В учебном пособии с этой целью изложен метод квалиметрического анализа деталей, сборочных единиц, конструкторских схем и производственных процессов на примерах производства деталей и сборочных единиц машин.

Глава 1. Управление проектированием

1.1. Управление развитием

Понятием развития обозначается процесс изменения структур общества, связанный с экономическим ростом. При использовании слова «развитие» требуется констатация объективных факторов в качественном и количественном выражении. В общеэкономическом смысле возникает необходимость исследования взаимосвязей производительных сил труда и производительности труда в конкретной производственной системе (организации, предприятии, отрасли и т.п.). При этом следует учитывать, что развитие есть: 1) процесс закономерного изменения, переход из одного состояния в другое, более совершенное; 2) переход от старого качественного состояния к новому, от простого к сложному, от низшего к высшему; 3) степень сознательности, просвещенности, культурности.

Применительно к организации (предприятию) развитие – это долгосрочная программа усовершенствования возможностей организации решать различные проблемы и способности к обновлению путей повышения эффективности управления производством.

Современные справочники выделяют различные направления управления развитием, например, рекомендации «Большого экономического словаря» можно представить схематически в виде структуры (рисунок 1.1).

Всякое управление является функцией одного или группы людей, берущих на себя ответственность перед государством-властью, определяемой юридическими законодательными документами и комплексом нормативно-правовых установлений (институций). Исходя из основного отмеченного постулата (требования) каждое направление управления постулирует общественно понятную цель. Следовательно, должна существовать целевая функция управления, характеризующая своеобразие факторов развития выделенного направления.

Отметим, что цель – это предмет или состояния устремления, то есть то, что надо осуществлять, задача, которую надо решать. В кибернетическом понимании цель – характеристика поведения системы, направленного на достижение определенного конечного состояния. Формальным (математическим) выражением цели является целевая функция системы. Поведение системы характеризуется, прежде всего, способом задания преобразований изменения среды в значениях существенных переменных. По этой причине цель часто является функцией средств, а не независимой категорией.

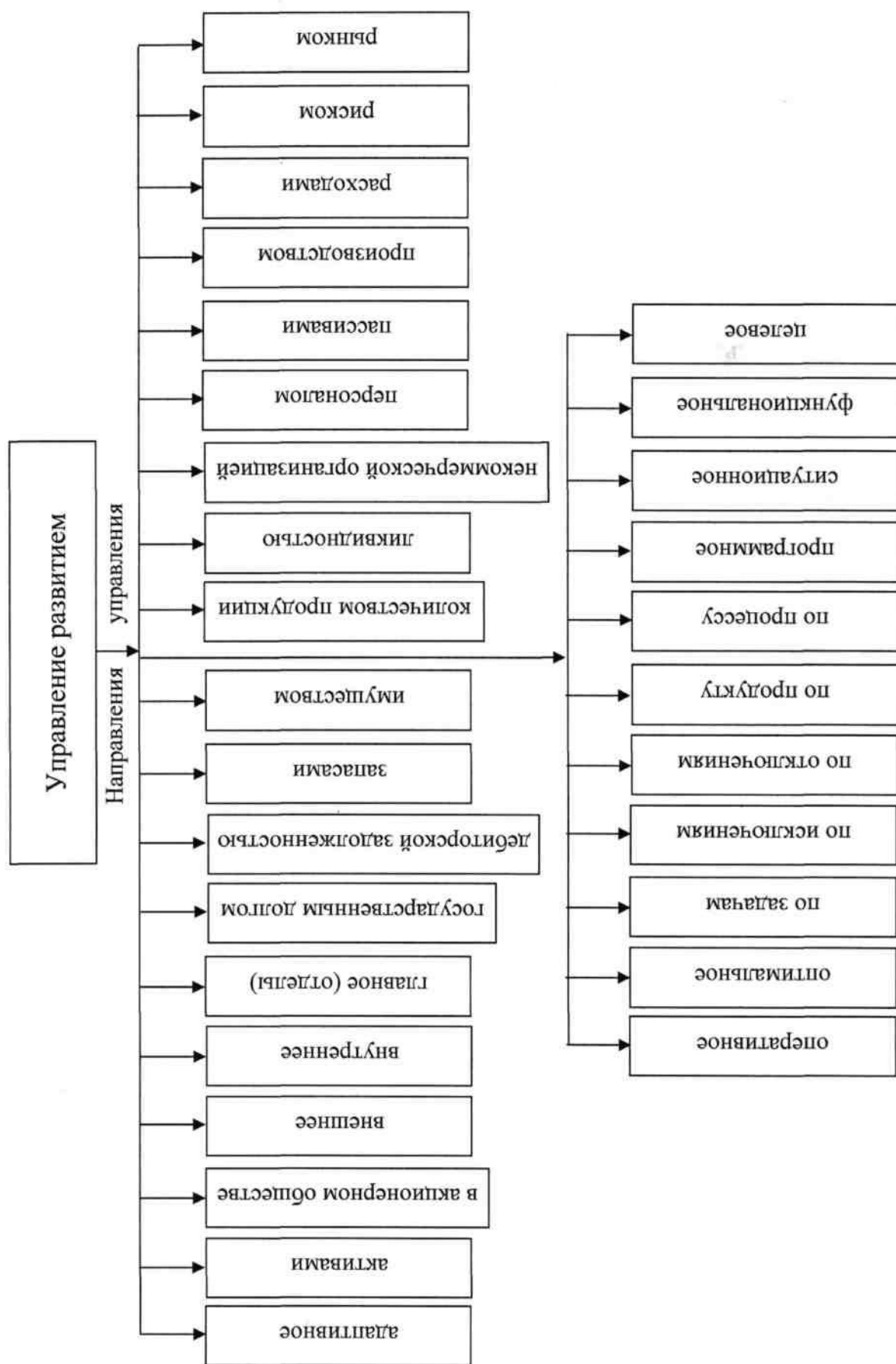


Рисунок 1.1 – Направления управления развитием

Напомним, функция (лат. function отправление, исполнение) – это: 1) круг деятельности, обязанность; роль, назначение; 2) соответствие (в математической формуле) между переменными величинами, в силу которого каждому рассматриваемому значению некоторой величины « x » (аргумента или независимой переменной) соответствует определенное значение другой величины « y » (зависимой переменной); выражается уравнением

$$y = f(x),$$

где f – обозначена функция; x – независимая переменная, аргумент; y – зависимая переменная, результат деятельности переменных значений аргумента.

При помощи функций математически выражаются различные количественные закономерности в природе и в общественной деятельности людей. Например, закон зависимости производительности труда и производственных отношений людей от факторов, определяющих производительную силу труда, можно выразить функцией (функционалом)

$$П_t = f(П_c), \quad (1.1)$$

где $П_t$ – производительность труда; $П_c$ – производительная сила труда.

Каждое направление управления развитием имеет свою целевую функцию, однако сущность целей и функций их достижения в общественном (общеекономическом) поведении людей исходит из глобальной и фундаментальной целевой функции человеческого устремления к лучшей жизни или, другими словами, к благосостоянию. Но здесь важным методом становится изучение и управление **поведением**.

Философское толкование поведения связано с понятием среда (пространство и материал для развития, окружение, совокупность природных условий, в которых протекает деятельность человеческого общества и организмов). Поведение человека – предмет исследований современной психологии, включающий способность человека к деятельности в материальной, интеллектуальной и социальной сферах жизни. В поведении личности и группы личностей отдельные проявления получили название мотив (от лат. moveo – двигаю), движущая сила, повод, принудительная причина. Само общее явление поведения исследуется через систему внутренних факторов, вызывающих и направляющих ориентированное на достижение цели поведение человека.

В экономических словарях выделяется особый вид поведения – экономический: образ, способ, характер экономических действий граждан, работников, руководителей, производственных коллективов в тех или иных складывающихся условиях экономической деятельности, жизни (А.Н. Азрилиян). Разновидно-

ствиями экономического поведения названы: поведение на основе принципа разумной достаточности (поведенческая предпосылка, принятая в экономической теории); поведение, ориентированное на контроль (стремление служащих вкладывать больше усилий в те области деятельности, которые контролируются и проверяются руководством); поведение потребительское (совокупность признаков и показателей, характеризующих действия потребителей); поведение при ценах, заданных извне (предпосылка теории совершенной конкуренции); поведение себестоимости (математически выраженная зависимость затрат от изменений в уровне деловой активности).

В кибернетике и теории информации поведение (behaviour – англ. поведение) – реакция системы или устройства на входные данные.

1.2. Инновационное направление поведения

Поведение инновационное (Большая экономическая энциклопедия) – различают четыре вида инновационного поведения: виолентное поведение (предприятия-виоленты), эксплерентное поведение (предприятия-эксплеренты), коммутантное поведение (предприятия-коммутанты), пациентное поведение (предприятия-пациенты). Для толкования на русском языке авторы энциклопедии дают разъяснения: виоленты (violence – англ.) – насильники; пациенты (patience) – терпящие.

Приведенные объяснения инновационного поведения предприятий (организаций, учреждений) вряд ли можно назвать научными. Для выяснения глубинного значения понятия инновации в науке применяются иные характеристики поведения личности, группы личностей и организованных по определенным правилам (институциям) коллективов. Обратимся к слову «инновация» – современный словарь иностранных слов разъясняет: инновационный (<англ. innovate вводить новшества, производить перемены), связанный с внедрением нового, производением перемен. Однако «новшество» имеет глубинное русское понимание развития через совершение определенных изменений, перемен в действиях и созидании благ. Видимо русское слово «новый», пришедшее из латыни – «новация» (поз.-лат. novatio обновление, изменение), новость (<лат. novus новый), новый (<лат. nove по-новому) стал общеупотребительным с широким (универсальным) значением в русскоязычной среде словом, что кажется странным его латинское происхождение. В.И. Даль, создавая свой «Толковый словарь живого великорусского языка» в издании 1866 г. выделяет без ссылки на латинское происхождение слово «новый, то есть противоположный словам старый, ветхий, древний, давнишний, прежний, прошлый; недавно созданный, сделанный, явленный; незадолго конченный, происшедший; нашего века, этого

года, месяца, дня; другой, иной, не тот, что был прежде». Разновидности употребления слова «новый» В.И. Даль излагает на четырех страницах.

Коммутанты – от лат. коммуникабельность (поз.-лат. *communicabilis* – соединенный, сообщающийся, совместимость (способность к совместной работе); *patience* – терпение; *violence* – сила, насилие.

Глубокое научное содержание понятия «инновация» раскрывают французские ученые Ив Бернар и Жан-Клод Колли в Толковом экономическом и финансовом словаре (М.: Международные отношения. 1994). Инновация (*Innovation*) – новшество, применение в области технологии производства или управления какой-либо хозяйственной единицы. Впервые понятие «инновация» было применено экономистом Шумпетером в его работах «Теория экономического развития» (1912 г.) и «Капитализм, социализм и демократия» (1942 г.). В них выделяются характерные особенности применения слова «инновация».

Первое. Это понятие не совпадает по своему значению с понятиями «открытие» или «изобретение», которые рассматривались как единственная движущая сила технического прогресса в промышленности и экономике. Инновация как понятие отличается от них следующими элементами: 1) изобретение или открытие делается, как правило, на фундаментальном уровне (паровая машина, электричество и т.п.), а инновация – на уровне технологического, то есть прикладного порядка (транзисторы, пластмасса и др.); 2) открытие может быть сделано изобретателем-одиночкой или кустарем, а инновация разрабатывается комплексными промышленными лабораториями; 3) открытие по своей сущности является «бескорыстным» актом, а инновация имеет целью повышение производительности в результате применения этого нововведения в процессе производства или управления; 4) открытие может произойти случайно, а инновация является результатом комплексного использования элементов (систематические технические разработки, научно-исследовательские программы и т.д.).

Второе. В области технологии инновация является плодом направления: исследование/опытно-конструкторская разработка, которое состоит в постоянном изучении возможностей создания новой технологии или новых товаров, в разработке методов и средств их внедрения и производства.

Конкретно этапы инновационного поведения Ив Бернар и Жан-Клод Колли схематически излагают в следующей последовательности этапов:

- 1. Базовые исследования.
- 2. Технические и технологические исследования.
- 3. «Прототип» (определения, спецификации, испытания).
- 4. Опытно-конструкторская разработка (технология, способы и методы).
- 5. Производство и коммуникация (выпуск, инвестиции, оборудование и рентабельность).

– 6. Продажа, эксплуатация.

– 7. Продажа лицензий и патентов, техническая помощь.

Авторы такой структуры отмечают: «естественно часто происходит перемена мест этих различных этапов. Например, какой-либо элемент, который создан в результате базового исследования и не может быть эффективно использован в его нынешнем виде на уровне технического исследования, переносится в первую стадию, где осуществляется «направленное исследование»; подобным же образом какой-либо «прототип» может быть переведен в стадию технического исследования для доработки ее спецификаций и т.д.».

Третье. Согласно Шумпетеру, инновация представляет собой главный источник прибыли. «Прибыль по существу является результатом выполнения новых комбинаций». Неизменяющийся экономический мир, где предприниматель не получает прибыли и не терпит убытков, а его доход эквивалентен заработной плате директора, Шумпетер фактически противопоставляет развивающемуся благодаря инновациям экономическому миру, динамика которого является генератором прибыли: «Без развития нет прибыли; без прибыли нет развития». Прибыль, следовательно, возникает без инновации; и она в свою очередь, побуждает предпринимателя вводить все новые и новые инновации, и дает ему для этого необходимые средства.

Четвертое. Утверждения Шумпетера о взаимосвязи инноваций и прибыли, и наоборот, есть отражение теории меркантилизма – «экономической концепции, которая видит основу национального процветания в накоплении запасов металлических денег». (Бернар и Колли. Толковый экономический и финансовый словарь. М., 1994. Т. II. С. 207).

Управление проектами (в особенности проектами машиностроения) исходит из научной концепции качества общественной жизни и, следовательно, развития производственных систем, так или иначе направленных на обеспечение качественных и количественных характеристик «потребительской корзины» людей (граждан страны).

Естественнонаучное понимание жизни общества исходит из того, что «производство считается отправным пунктом жизни общества и его прогрессивного развития, а потребление – конечным пунктом; эти две стадии связываются посредством распределения и обмена». Потребление является **целью** и **мотивом** производства, оно указывает на новые заказы производству.

Изложенная концепция применительно к управлению проектированием в области производственных систем порождает целевую функцию управления качеством продукции, то есть комплекс действий, сопровождающих производство, эксплуатацию или потребление продукции для того, чтобы:

- а) определить факторы, обеспечивающие качество;
- б) обеспечить их действие для поддержания уровня качества;
- в) поддерживать действия факторов качества на будущее;
- г) проектировать факторы, развивающие качество продукции;
- д) предусмотреть средства производства продукции, обеспечивающие необходимые и проектные параметры качества.

Понятие качества продукции регламентировано ГОСТ 15467-79 (актуализировано 2009) «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения». Аналогична по своему смыслу и определениям трактовка качества Международной организации по стандартизации (ИСО) по стандарту ИСО8402-94.

Одним из обобщающих показателей проектирования изделий и производственных систем является «интегральный показатель качества продукции. Показатель качества продукции, являющийся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление» (ГОСТ 15467-79 (2009)). В этом же стандарте дано определение термина: «67. Квалиметрия. Область науки, предметом которой являются количественные методы оценки качества продукции».

В исследованиях машиностроительного производства и направлениях управления проектированием критерием и целевой функцией принят **«интегральный квалиметрический параметр изделия»**.

Пятое. Проект (лат. projectus брошенный вперед) – намечаемая или предполагаемая операция, мероприятие, действие. У этого слова очень широкий смысл, и его значение конкретизируется в каждом отдельном случае. В области экономической и финансовой политики слово «проект» употребляют чаще всего в двух определенных значениях: совокупность намечаемых нормативных или законодательных мер, позволяющих решить данную задачу; на микроэкономическом уровне – механизм осуществления инвестиционной операции. В обоих случаях проект может быть составной частью программы, то есть совокупности мероприятий, позволяющих достичь определенной цели по выбранной целевой функции.

Политехнический словарь разъясняет слово **проект, проектирование** с инженерно-экономических позиций. Проектирование – разработка комплексной документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования: расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки, материалы, необходимые для строительства (реконструкции) населенных пунктов, предприятий, сооружений, производства оборудования, изделий и т.п. Многообразие методов проектирования обуславливается разнообразием целей, объектов и средств проектирования.

Любой проект – это дело творчества и душевных забот группы людей-специалистов своего дела. Они трудятся под управлением одного из команды проектировщиков, который по современной классификации называется менеджером проекта. Осуществляя управленческую деятельность, менеджер выполняет в организации проекта функции:

1) руководителя (лидера) проекта: формирует трудовые отношения внутри проектной группы, создавая факторы мотивации и стимулы активизации каждого участника проекта;

2) владеет сущностью целевой функции и алгоритмом достижения конечных параметров цели;

3) единолично представляет во внешней к проектной деятельности среде интересы коллектива и целевую функцию проекта;

4) собирает информацию, касающуюся исполнения целевой функции-проекта, распространяет во внешней среде в виде факторов и нормативных установок целевой функции проекта;

5) принимает решения по организации средств достижения промежуточных и конечных параметров целевой функции проекта.

Главная задача менеджера – организовать эффективное функционирование рабочего проектирования. Он берет на себя обязательства преследовать интересы компании, сбалансировать интересы группы и интересы индивида, организационные интересы с экономическими и социально-психологическими потребностями работников.

В выполнении своих функций организатора труда проектантов менеджеру будет весьма полезным знание теории, методологии, принципов и методов квалиметрии как способа измерения качества самого трудового процесса и расчета квалиметрических параметров общей целевой функции проекта.

Контрольные задания:

Реферат. Экономическое и производственное значение расходов, определение понятия производительные силы.

Реферат. Взаимосвязь сущности производства продукции с социально-экономическими взаимоотношениями в обществе.

Реферат. Взаимосвязь общих познавательно-философских понятий качество и количество и их отражение в конкретных управленческих проектах.

Глава 2. Принципы квалиметрии в системе требований измеримости качества проектирования

Федеральный закон № 172-ФЗ от 28 июня 2014 г. устанавливает основные понятия в области стратегического планирования, предусматривая процедуры целеполагания, прогнозирования, планирования и программирования социально-экономического развития Российской Федерации (ст. 1.3 ФЗ). В главе 3 ФЗ определена «Система стратегического планирования» (ст.7). Среди тринадцати принципов исключительно важным является следующий: «11. Принцип измеримости целей означает, что должна быть обеспечена возможность оценки достижения целей социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации с использованием количественных и (или) качественных целевых показателей, критериев и методов их оценки, используемых в процессе стратегического планирования». Концепция, методологические принципы, алгоритмы, правила проектных расчетов квалиметрических параметров изделий машиностроения соответствуют целям и принципам ФЗ № 172-ФЗ.

2.1. Квалиметрия – наука об измерении качества

В познании процессов преобразования вещества, преобразования энергии, преобразования и накопления информации люди встречаются с понятиями **качество, мера, количество**.

При выражении мыслей словами в общественной жизни приходится сталкиваться с многозначностью слов, употребляемых людьми в обыденной жизни и общении. Представляют определенный интерес рассуждения о **качестве** и **количестве**. Оба понятия являются по своему происхождению и глубине выражаемой сущности чисто русскими словами. В этом можно убедиться исходя из четырехтомного труда Владимира Даля «Толковый словарь живого великорусского языка» (1881). (Современное издание: С-Пб: Диамант, 1996).

«**Качество** на вопрос **какой**, поясняет доброту, цвет и другие свойства предмета. **Количество** означает счет, вес и меру, на вопрос **сколько**». Выделив в каждом из слов составную часть «чество» обратимся к Далю, который выделяет слова «честь» – внутреннее нравственное достоинство человека, доблесть, честность, благородство души и чистая совесть. Разнообразие смысла развивается через «честить» кого, «чтить», «чествовать», почитать, уважать душою. С другой стороны, в словах «качество» и «количество» выделяются: «как» и «коли», которые Далем рассмотрены в отдельности с примерами их применения в раз-

личных сочетаниях с другими словами. Из них следует суждение о том, что первоначально было: **как чувствовать** или **коли чувствовать**, то есть, как Вас величать и сколько раз Вас величать.

Российский национальный стандарт ГОСТ 15467-79 (2009). «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» дает определение: «Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением».

Основные положения квалиметрии. Квалиметрия (от латинского *qualis* – какой, какого качества и древнегреческого *μετρέω* – мерить, измерять) научная область, в рамках которой исследуется проблема количественного определения качества продукции. Квалиметрия подразделяется на теоретическую и прикладную. Теоретическая квалиметрия, абстрагируясь от конкретных объектов, обосновывает и разрабатывает принципы, классификации, общие методы и специфические проблемы количественного выражения качества. Основная задача прикладной квалиметрии – разработка методов количественного представления (измерения) качества, учитывающих специфику конкретных видов продукции.

К середине 60-х годов накопился значительный опыт применения количественных показателей качества продукции. Это позволило в 1968 г. группе советских ученых обосновать методологическую общность подобных способов измерения качества и необходимость их теоретического обобщения. Научная дисциплина, объединяющая количественные методы измерения качества, используемые для обоснования решений, принимаемых при управлении качеством продукции и стандартизации, была названа ими квалиметрией.

Первая публикация по квалиметрии состоялась в 1968 г. (Азгальдов Г. Г., Гличев А. В. и др. Квалиметрия – наука об **измерении** качества продукции. //Стандарты и качество. №1. М., 1968), а к 1970 г. уже был накоплен опыт для достаточного всестороннего исследования квалиметрии, ее сущности и взаимосвязей с различными научными областями.

Г.Г. Азгальдов изложение основ квалиметрии связывает с другими науками в следующей последовательности.

Квалиметрия и метрология. Одна из первых операций, которая выполняется при комплексной количественной оценке качества (измерении качества, отметим – Ю.П.) – вычисление значений относительных показателей свойств *K*. Но для такой операции необходимо знать значения абсолютных показателей этих свойств (*Q*). В большинстве случаев такие показатели измеряются путем физического эксперимента с помощью приборов. Правда, для многих свойств еще отсутствуют методы физических измерений, и оценки (количественные

показатели, отметим – Ю.П.) K получают экспертным путем, не определяя значения абсолютных показателей Q . Но такая методология является **паллиативом** (подч. Ю.П.), так как основная линия развития заключается в замене метрологических методами всех тех экспертных методов, которые еще приходится довольно широко применять при измерении абсолютных показателей Q . Таким образом, рассматривая вопрос о взаимосвязи метрологии и квалиметрии, можно сделать вывод, что квалиметрия использует полученные в метрологии данные как **фундамент** (подч. Ю.П.) своих дальнейших построений.

Квалиметрия и экспериментальная психология. В квалиметрии важную роль играют экспертные методы. ...Но развитие экспертных методов немыслимо в отрыве от данных, получаемых в экспериментальной психологии. ...Таким образом, использование в квалиметрии экспертных оценок вызывает потребность в ее тесном контакте с экспериментальной психологией.

Квалиметрия и прикладная математика. ...Можно считать, что, как и большинство других наук, квалиметрия использует методы, приемы, принципы математики, то есть является «потребителем» той «продукции», которую «производит» математика (например, математическая статистика, теория измерений).

Квалиметрия и типология. Типология, являющаяся методом научного познания, основу которого составляют расчленение систем объектов и их группировка с помощью обобщенной, идеализированной модели (или типа), так же, как и тесно связанные с ней систематика, классификация, таксономия, предоставляет в распоряжение квалиметрии некоторые методологические приемы, которые позволяют создать иерархическую, многоуровневую модель качества исследуемого объекта – так называемое дерево свойств.

Квалиметрия и общая теория систем. Сказанное в предыдущем пункте в значительной мере характеризует и взаимосвязь квалиметрии с теорией систем. ...Являются весьма полезными для теоретического обоснования правил построения дерева свойств.

Квалиметрия и исследование операций. Сегодня еще нельзя утверждать, что в отношении исследования операций как самостоятельной научной дисциплины существует единая точка зрения. ...В связи с этим под исследованием операций чаще всего понимается область науки, изучающая способы определения наиболее целесообразной (то есть оптимальной) стратегии действий... Поэтому именно квалиметрия разрабатывает критерии оптимизации (то есть показателя качества), которые используются в исследовании операций при решении класса задач, связанных с оптимизацией параметров качества.

Квалиметрия и теория принятия решений. Далеко не все авторы считают теорию принятия решений чем-то отличным от исследования операций. ...В связи с этим все то, что говорилось выше о взаимосвязи квалиметрии и ис-

следования операций в значительной мере может быть отнесено и к анализу вопроса о связи квалиметрии и теории принятия решений. ...В этом смысле квалиметрия может рассматриваться как часть теории принятия решений, а именно та ее ветвь, которая связана с обоснованием агрегированных критериев при принятии решений, относящихся к качеству объектов.

Квалиметрия и теория полезности. Понятие «полезность» в современной интерпретации выглядит приблизительно так: полезность есть та характеристика явления, которую стремится максимизировать человек, осуществляющий явление, или принимать решение по его осуществлению. Современная теория полезности в некоторых случаях позволяет получать достаточно конструктивные результаты (например, при обосновании критериев оценки ...альтернатив в некоторых задачах исследования операций, решаемых в условиях риска)... Некоторые квалиметрологи (например, А.И. Субетто) расширительно трактуют понятие «квалиметрия» и считают теорию полезности ее ветвью.

Квалиметрия и аксиология. Как известно, аксиология (теория ценностей) намечает общие подходы к оценке всех тех категорий, которые представляют ценность для человека: духовных ценностей (этических, эстетических), материальных ценностей (полезных предметов и явлений, их качества, предоставляемых ими благ и т.д.)... С точки зрения оценки качества квалиметрия может рассматриваться как ветвь, раздел аксиологии – раздел, посвященный применению количественных методов анализа. Поэтому, вероятно, правомерной является следующая аналогия: аксиология так относится к квалиметрии, как экономика – к эконометрии, биология – к биометрии, социология – к социометрии и т.д.

Квалиметрия и теория эффективности. В большинстве теорий эффективности (например, в теории экономической эффективности) используются многочисленные критерии эффективности, имеющие одну общую особенность: все они строятся на сопоставлении результатов, получаемых обществом в ходе проведения того или иного хозяйственного мероприятия, с затратами на это мероприятие... Но именно в квалиметрии имеется аппарат, с помощью которого могут быть количественно оценены (измерены – Ю.П.) любые не экономические по своей природе эффекты и тем самым включены в рассмотрение при расчетах эффективности (что сделает эти расчеты гораздо более точными).

Квалиметрия и статистика. По этому вопросу приведем высказывание: «...Традиционно статистика не рассматривает тех проблем, которые изучаются в теории измерения. Предполагается, что те факты, которые регистрируются при статистическом наблюдении, могут так или иначе измеряться... Поэтому развитие методов квалиметрии, вероятно, будет способствовать расширению области, которую можно охватить статистическим анализом». (Четыркин Е.М.

Статистическое измерение качественных характеристик. Предисловие к книге. М.: Статистика. 1972. С.3-7).

Квалиметрия и прогнозирование. В настоящее время прогнозирование развития (в качественном аспекте) производства тех или иных видов продукции обычно ограничивается учетом изменения численных значений абсолютных показателей отдельных свойств. Применение же квалиметрического подхода позволит прогнозировать изменение не только этих показателей, но и уровня качества в целом.

Квалиметрия и программно-целевой метод... Но всем разновидностям этого метода присуща общая черта: необходимость построения иерархической многоуровневой системы целей. ... Таким образом, квалиметрия может оказаться полезным инструментом на важном этапе программно-целевого планирования – этапе построения целей.

Квалиметрия и метод морфологического анализа («морфологического ящика»). Суть этого метода «...состоит в систематическом исследовании всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерностей строения совершенствуемого объекта – его морфологии...». (Половинкин А. ЭВМ: поиск новых технических решений. //Наука и жизнь. 1976. №10. С.54-61). После того, как получено большое разнообразие вариантов, их необходимо сопоставить с целью выбора лучшего. А это уже одна из типичных задач квалиметрии, которая, таким образом, помогает наиболее эффективным способом реализовать возможности метода морфологического анализа.

Г.Г. Азгальдов подробное исследование взаимосвязи различных научных направлений с принципами и методологией квалиметрии обобщает: «Резюмируя содержание этого параграфа, можно сказать: квалиметрия не подменяет ни одну из существующих научных дисциплин, а находится с ними в состоянии взаимодействия, получая «помощь» от одних наук и оказывая ее другим». (Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. (Основы квалиметрии). М.: Экономика. 1982. 256 с. С.23-35).

Квалиметрия как всякая научная дисциплина должна иметь свою систематику (др.-греч. *συστηματικός* упорядоченный), то есть классификацию или группировку взаимосвязанных предметов и явлений. Основная задача систематики – создание наиболее полной классификации, характеризующей содержание и методологию научного направления. Исходя из такого требования основоположник квалиметрии Г.Г. Азгальдов разработал аксиоматику этой науки: «для обеспечения корректной количественной оценки качества желательно наличие логически непротиворечивой полной системы понятий, аксиом и теорем, связанных с такой оценкой». (С.44). По своему характеру эта теория является дедуктивно-аксиоматической, что означает: а) любые понятия формулируются

только через ранее введенные понятия; б) с использованием введенных понятий формулируются аксиомы и доказываются теоремы.

Вся совокупность аксиом, определений, теорем излагается Г.Г. Азгальдовым последовательно в следующих научных разделах. (Глава 2. Аксиоматика квалиметрии. Там же. С.44-85):

1. Потребители и их потребности: определений – 14; аксиом – 1; теорем – 3; следствий – 3.

2. Моментный показатель свойства и его измерение: определений – 23.

3. Виды состояний объекта: определений – 24; аксиом – 1.

4. Функции эффекта и ее связь с показателем свойства: определений – 27; аксиом – 1; теорем – 3; следствий – 4.

5. Относительные и комплексные показатели: определений – 23; теорем – 6; следствий – 1.

6. Аксиоматика экспертных методов квалиметрии: определений – 91; аксиом – 18; теорем – 27; следствий – 28; леммы – 4.

7. Проблематика квалиметрии – объект измерения (что измерять?) – 3 проблемы; технология измерения (как измерять?) – 14 проблем.

Логико-математическая терминология, примененная для дедуктивно-аксиоматического обоснования существования квалиметрии как науки, является научным подвигом военного инженера советской страны Гарри Гайковича Азгальдова.

На XV международной конференции Европейской организации по контролю качества (ЕОКК) в Москве в 1971 г. впервые проблемы квалиметрии обсуждались на представительном международном научном форуме, на одной из специальных сессий. Квалиметрия получила широкое международное признание, ее проблемы систематически рассматриваются на ежегодных конференциях ЕОКК и всемирных конференциях по качеству. Для измерения качества продукции в квалиметрии применяются три количественных метода: дифференциальный, комплексный и смешанный. Наиболее широко применяется комплексный метод, основанный на использовании комплексных показателей ее качества, то есть показателей, характеризующих несколько свойств продукции.

Комплексный показатель качества продукции, по которому принимают решение определять ее качество, называется обобщенным. При комплексном измерении качества анализируются и оцениваются все важнейшие показатели, от которых зависит пригодность продукции удовлетворять потребности. Обобщенный показатель всесторонне характеризует качество продукции и является основной количественной характеристикой, используемой в управлении качеством.

Основными положениями квалиметрии являются следующие.

1. Продукт труда характеризуется отдельными свойствами – объективными особенностями продукции, которые могут проявляться при ее создании, эксплуатации или потреблении. Эти свойства могут быть сложными (то есть разделяемыми на менее сложные свойства) и простыми (при данном уровне знаний) – не разделяемыми на другие свойства.

2. Качество – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением, поэтому качество рассматривается как наиболее сложное свойство.

3. Пригодность к использованию продукта оценивается в условиях общей экономики с точки зрения интересов общества в целом.

4. Качество представляется в виде иерархической структуры (дерева свойств), на самом высоком уровне которой находится качество, а на самом низком уровне – простые свойства.

5. Отдельные свойства (простые или сложные, включая и само качество как наиболее общее, сложное свойство) могут быть измерены в определенных единицах измерения. В результате такого измерения определяются абсолютные значения показателей качества P_j ($j = 1, 2, \dots, n$).

6. Измерение, то есть установление абсолютных значений показателей качества P_j может производиться:

- на основе физических экспериментов – методами метрологии (измерение геометрических размеров, массы, твердости, электропроводности и т. д.);

- на основе психологических экспериментов – методами экспериментальной психологии (экспертное измерение эстетических и эргономических свойств – вкуса, запаха, цвета)

- на основе построения аналитических моделей функционирования объекта – методами определения эффективности, разработанными в технических и экономических науках (определение годовой провозной способности транспортного средства, определение приведенных или совокупных затрат на производство и потребление продукта труда и т. д.).

7. Кроме абсолютного значения показателя P_j каждое простое или сложное свойство может характеризоваться и относительным значением показателя K_j , выявляющим степень его пригодности для использования по назначению или соотношение с аналогичным показателем другого продукта. Этот относительный показатель определяется сопоставлением значения показателя P_j с базовым значением показателя $P_j^{\text{баз}}$, отражающим изменяющийся во времени уровень общественной потребности $K_j = f(P_j, P_j^{\text{баз}})$.

Таким образом, в общем случае под показателем качества продукции понимается количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

8. Наряду с абсолютным P_j и относительными значениями показателя K_j каждое простое или сложное свойство характеризуется также своей весомостью (значимостью, важностью) среди всех остальных свойств, а показатель качества – коэффициентом весомости M_j , который является количественной характеристикой значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества.

9. Количественной характеристикой качества является уровень качества продукции, основанный на сравнении значений показателей качества измеряемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

Значение уровня качества K может быть представлено как некоторая функция относительных значений показателей K_j и коэффициентов весомости M_j ; то есть $K = f(K_j, M_j)$. Функция f может выражать различные зависимости – средневзвешенные величины (арифметическая, геометрическая, гармоническая и др.), полином и т. д. Кроме того, K может быть представлено не в скалярной, а в векторной форме – в виде вектора в n -мерном пространстве. В соответствии с изложенными выше положениями общий алгоритм измерения качества представляется в виде следующей последовательности действий:

- 1) построение иерархической структуры показателей качества;
- 2) определение абсолютных значений показателей качества P_j ;
- 3) определение базовых значений показателей $P_j^{\text{баз}}$;
- 4) определение коэффициентов весомости M_j ;
- 5) определение значения комплексного количественного параметра качества K .

Квалиметрия включает в свой инструментарий методы, разработанные в экспериментальной психологии (например, метод экспертной оценки), в технической кибернетике (теория машинного распознавания образов), в теории планирования эксперимента (оптимизация процедуры экспертной оценки), в теории графов (построение иерархической структуры показателей качества) и т.д. В квалиметрии широко используется аппарат математической статистики.

Никакая система управления качеством продукции не может эффективно функционировать без измерения качества продукции. Механизм ее действия опирается на меру и оценку роста качества в целом, отдельных его свойств, или его стабильность.

В силу универсальности идей и основных положений квалиметрии происходит процесс расширения первоначальных ее границ. В качестве объектов выступают теперь не только продукция, но и другие предметы и явления. Количественному анализу качества теперь подвергаются и разнообразные процессы (качество труда в промышленности, сельском хозяйстве, сфере обслуживания, качество процессов обучения, качество управления и т. д.).

2.2. Метод аналога – основной принцип квалиметрии

В исследовании, посвященном квалиметрии производства деталей, возникает необходимость в изложении методологической сущности известной концепции: «метод аналога». В ряде случаев исследовательских процедур можно и нужно исходить из важности общепризнанных принципов и понятий и брать их в качестве основы. Однако для понимания развивающегося в обществе научного направления, названного в 1968г. **квалиметрией**, метод аналога является ключевым, поэтому необходимо кратко напомнить историю и философскую сущность самого понятия **аналог** (с др. греч. ἀνάλογος – «соразмерный», «соответственный»). Как видно, древнегреческое слово имеет простое, житейское, естественное применение. В развитии общественной жизни научно-исследовательская среда простое обыденное слово и понятие возвела в ранг самой основы способа и принципов изучения различных явлений (феноменов) и положила в основу обширной теории познания.

Нахождением аналога устанавливается факт генезиса того или иного идеального явления, что очень важно в создании теории и методов познания сущности процессов преобразования веществ, энергий и информации. Обычная схема умозаключения по **анalogии**: объект Б обладает признаками а, б, в, г, д; объект В обладает признаками б, в, г, д; следовательно объект В, возможно, обладает признаком «а». При использовании метода аналогии выдвигаются следующие требования: 1) аналогия должна основываться на существенных признаках и, по возможности, на большем числе общих свойств сравниваемых объектов; 2) связь признака, относительно которого делается вывод, с обнаруженными в объектах общими признаками, должна быть, возможно, более тесной; 3) аналогия имеет задачей установление соответствия объектов лишь в определенной связи, а не во всех отношениях; 4) поскольку непосредственной целью аналогии является установление сходства объектов, то она лишь указывает на различия и должна быть дополнена. (Философский словарь).

В современных научных изложениях метод аналогов реализуется методологией моделирования явлений и процессов во многих отраслях науки. Отметим здесь, что моделирование – это воспроизведение свойств исследуемого объекта на специально построенном по определенным правилам его **аналоге**, то есть модель объекта есть егоаналог. Модель строится по принципу физического моделирования, если она имеет одинаковую с объектом физическую природу, и по принципу математического моделирования, если она имеет иную природу, но ее функционирование описывается системой уравнений, тождественных той, которая описывает исследуемые стороны и свойства оригинала. Принцип моделирования стал одним из основ **кибернетики**, которая явилась теорией анализа больших сложных информационных систем.

Природа модели может быть различной («общепринятой единой классификации моделей в настоящее время не существует» – Л.И. Лопатников. 2003г.): а) материальные или вещественные модели; б) знаковые модели двух типов (чертеж, географическая карта); в) математические (формула, описывающая гравитационные воздействия двух тел); г) инженерные (кинематические, гидравлические и др. схемы); д) инженерно-экономические (математические формулы, описывающие зависимость экономических показателей от инженерных параметров); е) материально-идеальные («деловая игра»); ж) словесное описание (вербальная модель объекта).

В управлении хозяйственными процессами наибольшее значение имеют, прежде всего, экономико-математические модели, часто объединяемые в комплексы и системы моделей. В предлагаемом читателю пособии используется ряд моделей, описывающих производство деталей, которые составляют структуру машин.

Построение модели предполагает наличие **субъекта** (исследователя), **объекта** моделирования и **цели**, ради которой оно осуществляется. Следовательно, построение какой-либо формы модели без выдвижения целевой функции в исследовании, бесполезно. Отсюда вытекает необходимость выражения любых вербальных рассуждений через математическую функцию универсального типа $y = f(x)$, где y – цель исследования, функция отражения изменений x ; x – данные (аргументы) для построения моделирующей функции f .

2.3. Изделия машиностроения типичные объекты квалиметрии

Рассмотрим некоторые особенности. Перед нами чертеж вала-шестерни редуктора (рисунок 2.1). Однако это еще не реальный вал-шестерня. Это лишь графический образ, его информационная модель. Но чертеж этой детали есть продукт единичного процесса труда конструктора, полученный в результате изучения, преобразования, осмысления первичной информации, априорно заданный конструктору стандартами, нормами, методиками, описаниями, формулами, таблицами и пр. Задание, которое выдано конструктору, выступает как первичная информация, конструктор – как субъект интеллектуального процесса труда.

Продукт труда конструктора – информационная модель вала-шестерни – вступает в процесс труда, например токаря, как явно выраженная информация. Результат труда конструктора в виде чертежа вступает в процесс труда токаря как цель. В труде конструктора происходило лишь преобразование информации, в процессе токарной обработки предмет труда вещественно дан в виде полуфабриката природного материала (горячая штамповка, сталь 45Х). Результат

труда токаря – реальный вал с геометрическими параметрами, соответствующими его информационной модели.

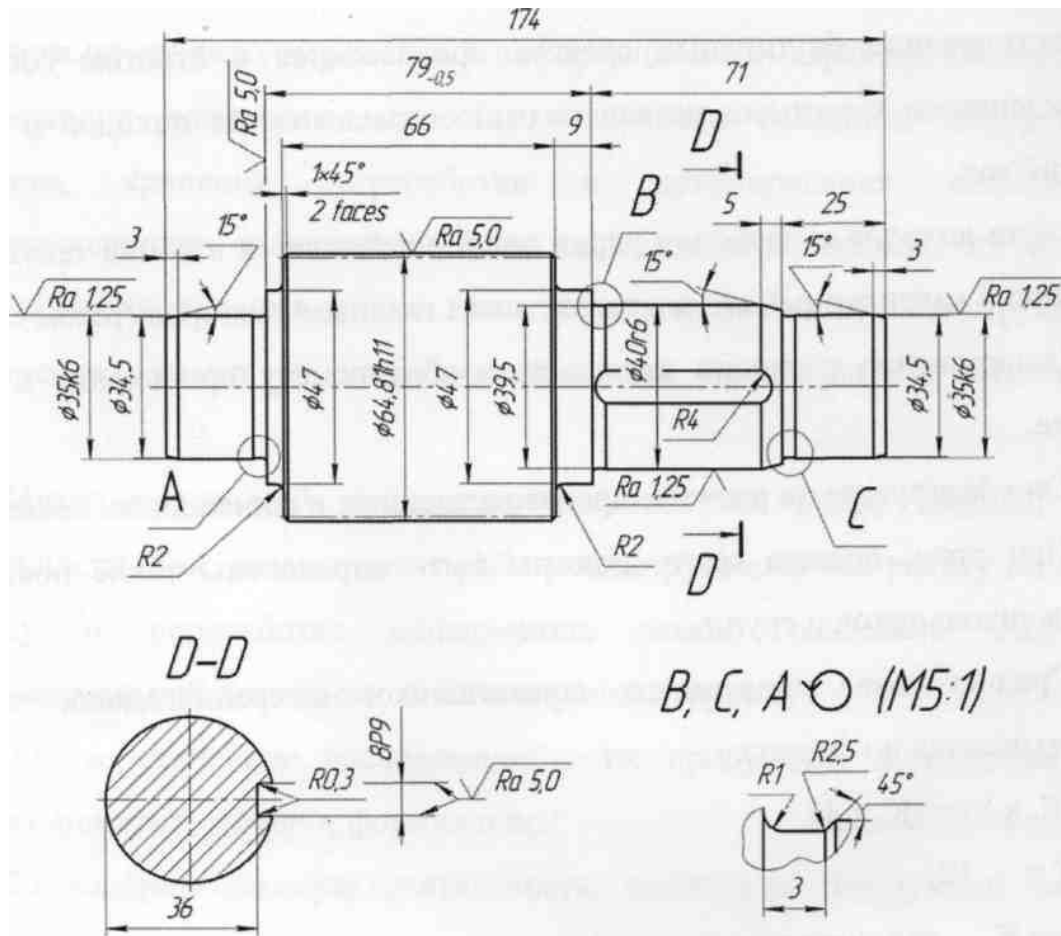


Рисунок 2.1 – Чертёж вала-шестерни редуктора

Итак, мысленный образ вала-шестерни сначала принял форму графической информационной модели и лишь после совершения физического процесса труда нашел свою вещественную реализацию. В современном производстве большое значение приобрели интеллектуальные виды труда по разработке технологических процессов. Трудовой процесс технолога носит явно выраженный информационный характер. Он выбирает или находит конкретные способы и правила селекции, кодирования, передачи, хранения, переработки и декодирования информации, удовлетворяющих заданной системе целевых ограничений, то есть он находит метод решения задачи. Сама же задача поставлена конструктором. Решение ее зависит от способностей токаря, представителя физического труда.

Интеллектуальный труд подразделяется на роды, группы, виды деятельности. Так, рассматривая работу конструкторов как работу по сбору, анализу и переработке информации, можно разделить этот род интеллектуальной деятельности на следующие группы:

1) теоретические исследования с их продукцией в виде научных гипотез, понятий, теорий, формул и пр.;

2) изобретательскую деятельность, в качестве продукции которой выступают авторские свидетельства и патенты с формулой изобретения;

3) конструирование, характеризующееся качественной новизной приспособления известной техники для применения в новой конкретной обстановке, а также применением известных технических решений с видоизменением количественных характеристик. Продукцией этой деятельности являются чертежи;

4) техническое выполнение документации в виде вычерчивания, копирования, размножения и др.

Каждая группа представляет собой совокупность однородных конкретных видов труда. Продуктом труда групп интеллектуальной деятельности являются научные труды, авторские свидетельства и патенты, чертежи и описания к ним, являющиеся материальными носителями семантической (смысловой) информации. Если продуктом интеллектуального труда выступает информация, то, следовательно, предметом его труда также является информация.

Токарь должен обладать определенным запасом информации. Откуда он ее получает?

Одним из мощных факторов обобществления выступает постоянно расширяющийся род деятельности по обучению и просвещению каждого члена общества. Отсюда, обучение людей в обществе является крупной отраслью трудовой деятельности человечества, имеющей исключительно интеллектуальный характер.

Труд учителя, например, относится к роду умственной деятельности. Предметом его труда в течение нескольких лет являются дети. Однако учитель воздействует не на их телесный организм, а на их **тезаурус** (др.-греч. *θησαυρός* сокровище, запас). Процесс труда носит интеллектуальный характер и заключается в информационном насыщении тезауруса учащихся. Продуктом труда учителя являются знания, которыми обладают его воспитанники, пройдя определенный цикл информационной обработки. Здесь встретится понятие «учебный процесс», его аналогия – «технологический процесс». Понятию «класс» можно противопоставить «технологическую группу» или вернее «технологический передел».

В последнее время широкое распространение получает программированное обучение, в котором исключительно важное значение имеют понятия: порция учебного материала, процесс подачи и усвоения этой порции. Аналогами этих понятий, без сомнения, являются технологическая операция и процесс выполнения этой операции.

Следовательно, говоря словами кибернетики, мы имеем полный и частичный изоморфизм процессов труда. По всей видимости, недалеко то время,

когда пятибалльная система оценок усвоения учебного материала получит более строгий количественный аппарат оценки, основанный на понятиях: количество априорной информации, количество сообщенной и усвоенной информации.

Во избежание недоразумений следует оговориться, что речь идет не о тождестве «технологического» и «учебного» процесса. Об их аналогии и подобии можно говорить лишь с «точностью до изоморфизма».

Использование изоморфизма и изоморфных систем – обычное и важное явление. В науке это используется повсеместно. Принципиальным и существенным различием единичного процесса физического и умственного труда выступает принципиальное различие факторов труда. В физическом труде преобразованию подвергается вещество природы, и продукт труда реально выражен веществом природы. В умственном труде предмет труда – информация, продукт труда – также информация, вступающая в физические процессы труда в виде закономерности, в виде цели и программы достижения этой цели. Это результат исторического процесса развития производительных сил труда и его следствия – разделения труда и специализации его видов. С другой стороны, такое разделение труда выступает само по себе мощным фактором развития производительных сил, то есть наука становится непосредственной производительной силой общества. Конкретное проявление науки как производительной силы всегда ощущается при анализе единичных процессов труда в технологическом и энергетическом аспектах. Показатели этой силы – **технологическая оснащенность и энерговооруженность труда**.

Все сказанное не означает, что информационные процессы в умственном труде носят идеальный характер. Это также материальные процессы, раз носители информации и процесс восприятия ее материальны.

Несмотря на существенные различия в проявлении физического и умственного труда, структурная схема их процесса едина.

Принцип рассмотрения единичных процессов труда, на основе изложенного остается также единым как для физического, так и умственного труда.

Если целевое исследование преследует анализ взаимосвязей факторов, определяющих суть производства деталей машин, то возникает необходимость построения структуры изучаемого объекта. Таким целевым объектом нами принято машиностроительное производство, и его отдельным производственным объектом является машина. Для более ясного понимания приведем энциклопедическое изложение самого термина.

Машина (фр. machine, лат. machina – «сооружение») – устройство, выполняющее механические движения для преобразования материалов, энергии или информации; рабочая машина преобразует форму и свойства обрабатываемого материала или предмета; энергетическая машина преобразует любой

вид энергии в механическую и наоборот; транспортная машина преобразует положение материала или перемещаемого предмета; информационная машина преобразует сигналы одного вида в сигналы другого вида или изменяет содержание этих сигналов. (Новейший словарь иностранных слов и выражений. Минск: Современный литератор. 2006).

Наиболее кратким определением будет: «Машина – механическое устройство, выполняющее движения для преобразования материалов, энергии или информации». Создание машин – это комплекс науки **машиноведения**, а также комплекс отраслей промышленности, изготавливающих орудия труда для народного хозяйства, транспортные средства, а также предметы потребления и продукцию оборонного назначения.

Здесь необходимо перечислить существенные разделы научного направления, называемого **машиноведением**, в состав которого входят:

- теория механизмов и машин (в ее предмет включается кинематическая схема);
- материаловедение, включающее дисциплины, изучающие свойства материалов, применяемых в машиностроении (химический состав и марки металлов и др.);
- сопротивление материалов, теория упругости и пластичности материалов (твердость, пределы прочности при растяжении, сжатии, изгибе, кручении);
- детали машин (расчеты, конструирование механизмов кинематических схем, видов передач, сборочных единиц изделий машиностроения);
- теория трения, исследование износа в узлах машин, на основе которых решаются вопросы повышения КПД, увеличение ресурсов машин, их долговечности, необходимого качества поверхности сопряженных деталей (шероховатость поверхностей деталей);
- исследование оптимизации технологических процессов изготовления машин (коэффициенты использования материалов – КИМ);
- проблемы надежности машин (наработка до отказа);
- рациональные методы энергопотребления (энергетические мощности, расход энергетических источников и др.);
- проблемы автоматического управления машинами;
- конструктивные построения машин и механизмов, облегчающие управление машинами (уровень безопасности);
- производительность машин (количество продукта, вырабатываемого в единицу времени);
- экономичность машин (трудоемкость, себестоимость, цена).

Перечисленные разделы науки машиноведения позволяют при моделировании процессов проектирования и производства машин выбрать наиболее

существенные свойства и факторы для количественного их выражения в качестве аргументов математической функции. Машиноведческие науки в историческом развитии породили метрологию и признанный всеми народами документ «Международная система единиц (СИ)». Для построения математических выражений всех взаимодействий отдельных частей и описания общих функциональных характеристик машин в распоряжении исследователя имеются в СИ названия свойств, величин, единиц, шкал и способов измерения и контроля.

Принято считать, что все машины собраны из деталей и их сборочных единиц:

- сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой (собираются) на предприятии изготовителя;

- деталь – изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций. Деталью называются также изделия, подвергнутые защитным или декоративным покрытиям или изготовлены из одного и того же материала с помощью сварки и т.д.

Глава 3. Сложность как существенный параметр в управлении проектами

3.1. Сложность и сложные системы

С понятиями «сложность» и «сложные системы» мы встречаемся фактически во всех или почти во всех науках. Особую роль они приобрели в кибернетике, преимущественной задачей которой является разработка методов анализа и синтеза сложных динамических систем управления.

Чтобы осмыслить и количественно выразить сложность системы, процесса, явления, необходимо понять и выразить составные компоненты понятия сложности, характерные черты которого можно установить из исследования самого термина. (Бирюков Б.В., Тюхтин В.С. О понятии сложности. /В сб. «Логика и методология науки». М.: Наука, 1967).

1. Всякое сложное составлено из простых элементов. Следовательно, для количественного выражения сложности необходимо определить простое как начало отсчета, как меру сложности.

2. Сложность характеризуется внутренними и внешними связями объекта, системы, явления, процесса и ситуации; связи определяют их организацию (структуру).

3. Важнейшим признаком сложной системы является разнообразие, неоднородность. Действительно, при прочих равных условиях представляется естественным считать объект или процесс тем сложнее, чем больше его разнообразие.

4. Сложность есть категория, отображающая, прежде всего, динамические системы, поэтому для выяснения величины сложности важное значение приобретает закон накопления опыта. На основе этого закона вырабатываются методы упрощения систем, то есть практически допустимого снижения сложности систем при их описании.

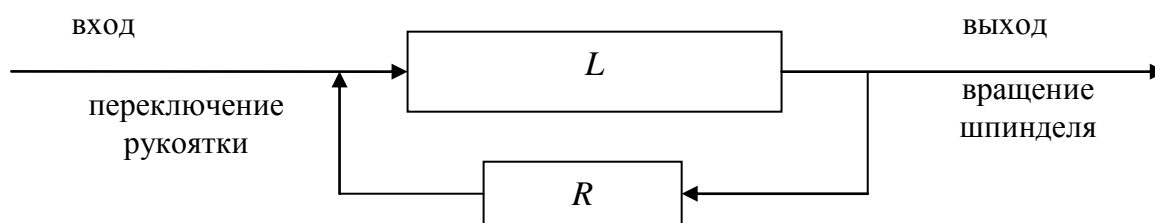
5. Для кибернетических систем (они всегда являются сложными динамическими системами) свойственны прием, переработка, хранение и передача информации. Количество информации, проходящей через систему, – единственный в настоящее время критерий для количественного выражения уровня сложности любой системы.

Таким образом, среди различных методов, применяемых для изучения поведения сложных систем, видное место занимает метод теории информации.

6. Возможность количественного представления сложной системы позволяет делать теоретически и практически целесообразный выбор существующих методов исследования кибернетических систем. Представляет особый

интерес для изучения интеллектуальной стороны процессов труда случай, когда исследуемый объект трактуется как «черный ящик», как система, внутренняя структура которой неизвестна, но которая (система) позволяет, рассматривая ее «входы» и «выходы», производить расчеты ее «внешней» (функциональной, с точки зрения поведения) сложности.

Рассмотрение простого случая подтверждает эти рассуждения. Человек переключает одну из рукояток токарного станка и видит, что после этого начинается вращение шпинделя. С точки зрения кибернетики, это выглядит так:



Человеку, включившему вращение шпинделя, может быть совершенно неизвестен принцип действия внутренней системы механизмов станка, но он с неизбежностью замечает вращение шпинделя после переключения рукоятки в соответствующем направлении.

Замечательным является тот факт, что кибернетические методы и их «грамматика» – теория информации – позволяют найти непосредственное количественное выражение для понятия сложности применительно ко многим явлениям, ситуациям, процессам и приступить к созданию стройной, логически выдержанной системы количественного исследования разнородных по качеству объектов.

3.2. Количество информации

Информация обладает свойством измеримости, количественного выражения. Понятие «количество информации» сформировалось в результате изучения технических информационных систем (систем связи и электронно-вычислительных систем), в функционировании которых главную роль играет количественная сторона информации.

Информация – это сведения, являющиеся объектом хранения, передачи, преобразования. Предметом теории информации являются процессы передачи, хранения, преобразования и использования информации.

В науке известны три метода определения количества информации.

Исторически первым методом определения количества информации явился принцип, предложенный Р. Хартли в 1928 г., который назван в науке комбинаторным методом. Здесь количество информации определяется зависимостью:

$$H = n \times \log S \quad \text{или} \quad H = \log S, \quad (3.1)$$

где H – количество информации; n – количество последовательных выборов; S – число символов, используемых для передачи сообщения.

Идентичный подход к вычислению количества информации у У.Р. Эшби. Эшби отождествляет понятия «разнообразие» и «информация» и величину разнообразия определяет следующим образом: «Слово разнообразие в применении к множеству различных элементов будет употребляться в двух смыслах:

- 1) как число различных элементов;
- 2) как логарифм этого числа по основанию 2.

Дальнейшим развитием комбинаторного подхода явился метод определения количества информации через вероятность событий, предложенный К.Шенноном. Количество информации по Шеннону определяется по формуле

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i, \quad (3.2)$$

где P_i – вероятность i -го события.

Однако, кроме комбинаторного и вероятностного подхода к понятию количества информации, возможен алгоритмический подход. А. Н. Колмогоров с информацией непосредственно связывает понятие сложности.

Весьма важными в этой области представляются размышления А.Уилсон и М.Уилсон о мерах количества информации. Вот что они писали в 1955 г.: «Чтобы измерить количество информации, содержащееся в сообщении или сигнале, можно использовать три различных типа единиц: единицы измерения неопределенности, структурной сложности и точности». В литературе наибольшим вниманием пользуется первая из этих мер. Что касается остальных, то они почти не употребляются.

Мера неопределенности. Чтобы измерить количество информации с помощью понятия **неопределенности**, специалисты в области передачи информации рассматривают конкретное количество информации как выборку из множества возможных альтернативных количеств информации.

Меры структурной сложности. Логонное содержание – это количество логонов в некотором представлении. **Логон** – единица структурной информации – означает, что к имеющемуся представлению можно добавить одну новую различимую группу или категорию.

Меры метрической информации. Единицей измерения метрической информации служит **метрон**. Таким образом, объем метрической информации в одном логоне (метронное содержание логона) определяется числом элементарных событий, посредством взаимодействия или «конденсации» которых он образуется. **Конденсация** (лат. condensatio) – сгущение, скопление, уплотнение. (Уилсон А., Уилсон М. Информация, вычислительные машины и проектирование систем. М.: Мир, 1968. С.62-63).

Три аспекта информации. Приведенные рассуждения настолько важны, что дальнейшее развитие теории информации без учета их не может быть плодотворным, особенно в области человеческого общения. Нельзя не учитывать того факта, что понятие информации ныне стало универсальным и является основным понятием кибернетики; точно так же экономическая информация – основное понятие экономической кибернетики.

Если исходить из потребностей экономического управления и, следовательно, экономической метрологии, то информацию можно определить как все сведения, знания, сообщения, которые помогают решить ту или иную задачу управления (то есть уменьшить неопределенность ее исходов). Тогда открываются и некоторые возможности для решения проектных задач на основе измерения информации: она тем полезнее, важнее, чем скорее или с меньшими затратами приводит к решению задачи. Понятие информации близко понятию «данные». Однако между ними есть различие: данные – это сигналы, из которых еще надо извлечь информацию. Обработка данных есть процесс приведения их к пригодному для извлечения информации виду.

Процесс передачи данных от источника к потребителю и восприятие в качестве информации может рассматриваться как прохождение трех фильтров:

1) **физического**, или статистического (чисто количественное ограничение по пропускной способности канала, независимо от содержания данных, то есть с точки зрения синтактики);

2) **семантического** (отбор тех данных, которые могут быть поняты получателем, то есть соответствуют тезаурусу его знаний);

3) **прагматического** (отбор среди понятых сведений тех, которые применимы для решения данной задачи). Соответственно выделяются три аспекта изучения проблем информации – синтаксический, семантический и прагматический. По содержанию информация подразделяется на общественно-политическую, социально-экономическую, научно-техническую и т.д. Вообще же классификаций информации много, они строятся по различным основаниям. Например, подразделяется информация статистическая (постоянная) и динамическая (переменная), и данные при этом постоянные и переменные. Другое деление – первичная, производная, выходная информация; третье деление – информация управляющая и осведомляющая; четвертое – информация избыточная, полезная и ложная.

3.3. Всеобщий закон преобразования и накопления информации

При всех трактовках понятия информации она предполагает существование двух объектов: источника информации и потребителя (получателя) информации. Передача информации от одного к другому происходит с помощью

сигналов, которые, вообще говоря, могут не иметь физической связи с ее смыслом: эта связь определяется соглашением. Например, удар в вечевой колокол означал, что надо собираться на площадь, но тем, кто не знал об этом порядке, он не сообщал никакой информации.

Что касается определения ценности, полезности информации для получателя, то здесь еще много нерешенного, неясного. В последние десятилетия большой интерес к проблемам информации проявляют философы: они склонны рассматривать информацию как одно из универсальных свойств материи, связанное с понятием отражения.

Придерживаться этого мнения, значит утверждать, что наряду с всеобщими законами преобразования и сохранения вещества и энергии существует всеобщий закон, который формулируется следующим образом: **в эволюционном процессе преобразованием вещества и энергии порождается информация, которая тоже претерпевает преобразования в этом процессе, но в отличие от вещества и энергии не только количественно сохраняется, но и имеет тенденцию к накоплению. Тенденция накопления информации есть всеобщий принцип эволюционного развития.**

Через понятие отражения в эволюционном процессе представляется возможным соединить с понятием информации и другое весьма важное понятие – «сложность». Не случайно академик А.Н. Колмогоров предложенный им алгоритмический подход к определению количества информации в конечном итоге сводит к количественному исчислению сложности алгоритма. Об этом же свидетельствует и понятие **логона** как единицы измерения структурной сложности.

3.4. О методологических принципах измерения сложности

В метрологических стандартах и нормативно-технических документах в конструкторско-технологическом проектировании методы количественного выражения сложности не приводятся. В связи с отмеченной особенностью возникает необходимость формулирования понятия сложности применительно к машине как целому комплексу и к составным частям машин, и затем предложить методики количественного исчисления величины сложности.

В понятии сложности объективная сторона понятия обоснована увеличением (по сравнению с обычными «несложными» системами) числа и разновидностей элементов (подсистем) систем, связей между элементами или подсистемами, их свойств и т.д.

Практически нас интересует чаще всего количество информации в индивидуальном объекте «х», относительно индивидуального объекта «у». При таком подходе структура всякого отражаемого объекта состоит из определенного количества различных при данном способе отражения признаков (обозначим N).

Тогда, применяя известную в физике формулу Больцмана, можно записать выражение сложности в виде математической зависимости

$$C = k \times \ln N, \quad (3.3)$$

где C – количественная характеристика сложности изучаемого объекта; N – количество разнообразных при данном способе отражения признаков отражаемого объекта; k – характеристика способа отражения, применяемого для данного способа.

Характеристика применяемого способа отражения не является константой для всех способов, поэтому ее величина может быть выражена как экспонента:

$$K = e^x, \quad (3.4)$$

где x – степень накопления опыта в процессе отражения.

Если учесть субъективный характер процесса отражения признаков отражаемого объекта через процедуру сочетания алгоритмов и эвристик, то характеристика степени накопления опыта в процессе отражения может быть выражена как

$$X = 1 - \varepsilon, \quad (3.5)$$

где ε – эвристичность алгоритма процесса отражения.

Изложенное дает возможность количественно выражать сложность отражаемого объекта по формуле

$$C = \frac{\ln N}{e^{1-\varepsilon}}. \quad (3.6)$$

Подробное объяснение формулы дано в работе Ю.Пер. «Экономическая метрология. Часть I. Философия будничной жизни». М: Изд-во стандартов, 1996.

Допустим, что совокупность свойств, отражаемая при рассмотрении объекта, $N = 15$, эвристичность алгоритма процесса отражения $\varepsilon = 0$. Тогда сложность рассматриваемого объекта

$$C = \frac{\ln N}{e^{1-\varepsilon}} = \frac{\ln 15}{e^{1-0}} = \frac{2,7080}{2,7182} = 0,996 \approx 1,0.$$

Увеличение разнообразия и общего количества рассматриваемых элементов (свойств) приведет к росту показателя сложности, например: $N = 120$, $\varepsilon = 1,0$, то есть эвристичность алгоритма процесса отражения максимальна, тогда сложность рассматриваемого объекта

$$C = \frac{\ln 120}{e^{1-1}} = 4,79. \text{ Расчет дает возможность убедиться в объективности предлагаемого метода измерения сложности объекта.}$$

Применительно к изделиям машиностроения практические решения сложности даются в последующих разделах проектных вычислений.

Глава 4. Структура проектной деятельности

4.1. Последовательность проектной деятельности

Проект изделия в машиностроении является, как правило, результатом большой предварительной работы коллектива проектировщиков, включающего научных исследователей, научных прогнозистов, патентных поисковиков, инженерно-квалиметрических специалистов, экономистов, различных менеджеров, занимающихся определением технологических и организационных возможностей предприятий и инвестиционных агентов внутри страны и за рубежом. Главный и конечный проектный вопрос: обеспечит ли изделие общественный и индивидуальный спрос в потреблении. Ответчиком на проектный запрос является инженер-конструктор.

Изложенный принцип можно представить структурной кибернетической схемой:

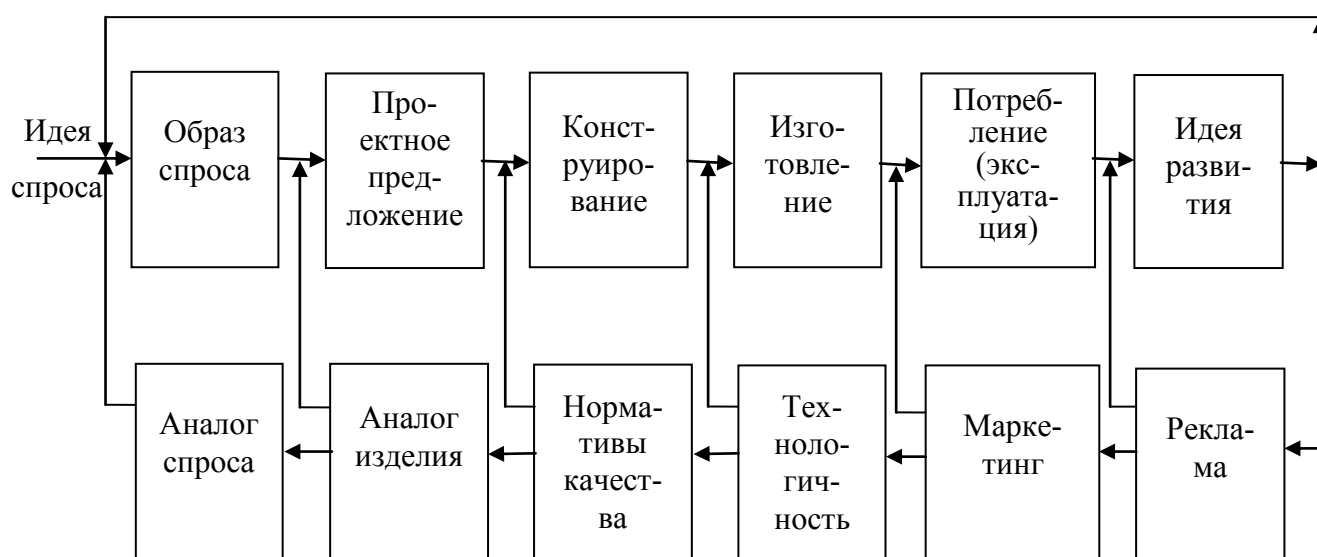


Рисунок 4.1 – Структурная схема разделов проектной деятельности

Приступая к проектированию и конструированию, конструктору необходимо изучить и проанализировать результат потребления (эксплуатации) изделия, проникнуться идеей развития качества и составить инженерно-квалиметрическую характеристику развития идеи потребителей (составить аналог спроса). Затем сформулировать «образ» развития спроса, приняв за основу аналог изделия с усовершенствованными инженерно-квалиметрическими параметрами, и представить экспертному сообществу проектное предложение.

Проектное предложение конструкции изделия должно удовлетворять трем основным требованиям: **техническим, социальным и экономическим**. Все три основные требования качества необходимо подтвердить расчетными параметрами интегрального квалиметрического показателя продукции (изделия) в соответствии с рекомендациями ГОСТ 15467-79 (2009), в которых определена последовательность расчетов, исходя из суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции (например, пробег грузового автомобиля в тонно-километрах за срок службы до капитального ремонта), отнесенного к суммарным затратам на создание продукции и на ее эксплуатацию в период использования (потребления).

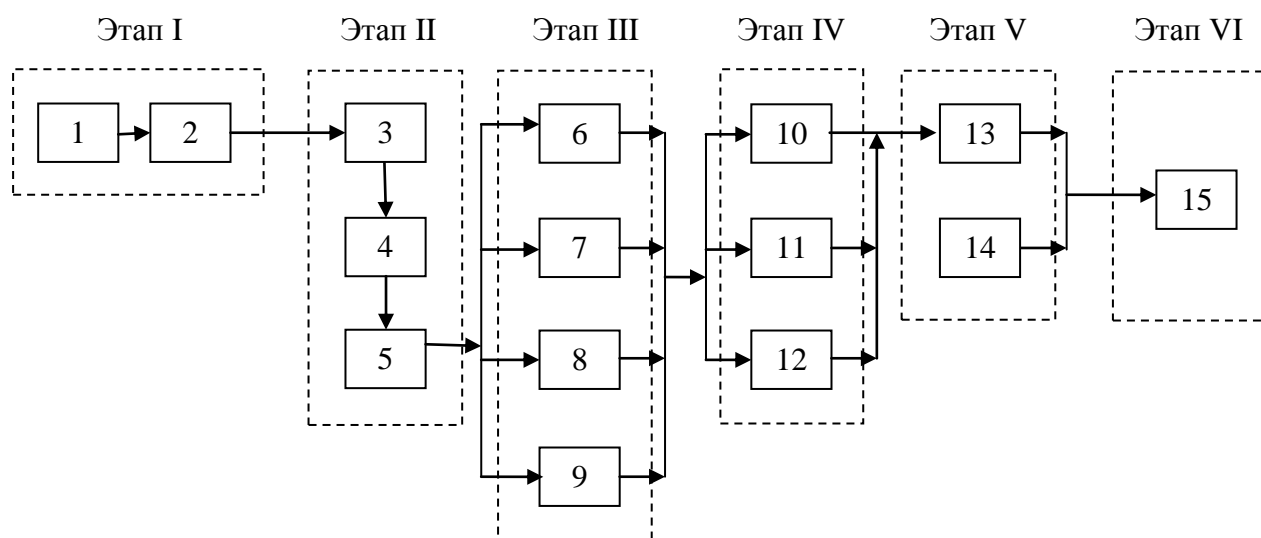


Рисунок 4.2 – Схема последовательности проектных работ по созданию нового изделия

Цифрами обозначены следующие виды работ:

1 – НИР; 2 – разработка технического задания (ТЗ); 3 – разработка технического предложения; 4 – разработка эскизного проекта; 5 – разработка технического проекта; 6 – разработка предварительного технологического проекта; 7 – инженерно-квалиметрический анализ технологического проекта; 8 – разработка технологии изготовления опытного образца; 9 – разработка и создание технологической оснастки для изготовления опытного образца; 10 – изготовление опытного образца; 11 – испытание опытного образца; 12 – расчет интегрального квалиметрического показателя; 13 – разработка конструкторской документации на серию; 14 – разработка и изготовление технологической оснастки на производство серии; 15 – изготовление установочной партии для заказчика.

Вместе с тем, требования к проектируемой конструкции необходимо взаимосвязывать со стадиями разработки конструкторской документации и этапами производственного процесса изготовления. В процессе создания и ввода в эксплуатацию изделий всех отраслей машиностроения можно выделить шесть этапов проектной деятельности

Этап I – научно-исследовательские работы (НИР).

Этап II – опытно-конструкторские работы (ОКР).

Этап III – опытно-технологические работы (ОТР).

Этап IV – опытное производство (изготовление) изделия (ОПИ).

Этап V – организация производства первой серии изделий (ОПС).

Этап VI – производство установочной партии (ПУП).

Последовательность проектных работ поэтапно можно представить схематически, как показано на рисунке 4.2.

4.2. Объекты проектной деятельности

Одним из обобщенных объектов управления проектированием является машиностроение: комплекс отраслей промышленности, изготавливающих орудия труда для предприятий, перерабатывающих сырье и материалы, транспортные средства, продукцию оборонного назначения. В общем определении классификационных признаков **машиностроительное предприятие** – это производство с применением методов технологии машиностроения для выпуска **изделий**.

Среди машиностроительных предприятий выделяются:

- специальные предприятия, выпускающие однотипные изделия (например, автомобили, тракторы, подшипники, редукторы и т.п.);
- универсальные предприятия, выпускающие продукцию многих наименований;
- частично механизированные предприятия, на которых механизированы лишь отдельные процессы, а для выполнения остальных операций используется ручной труд;
- комплексно-механизированные предприятия, на которых все основные и вспомогательные операции производственного процесса выполняются с помощью машин. Ручной труд применяется только для управления машинами;
- автоматизированные предприятия, на которых все основные и вспомогательные операции производственного процесса выполняются с помощью автоматических машин (станков-автоматов) при полной автоматизации управления производственным процессом.

Внутри предприятия выделяется уровень объектов проектной деятельности, названный производством изделий, структура их классификационных признаков показана в виде схемы (рисунок 4.3).

Для понимания классификационных признаков приведем некоторые определения.

Опытное производство – это объект целевой функции проектной деятельности, предусматривающей производство образцов для партий или серий

изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации.

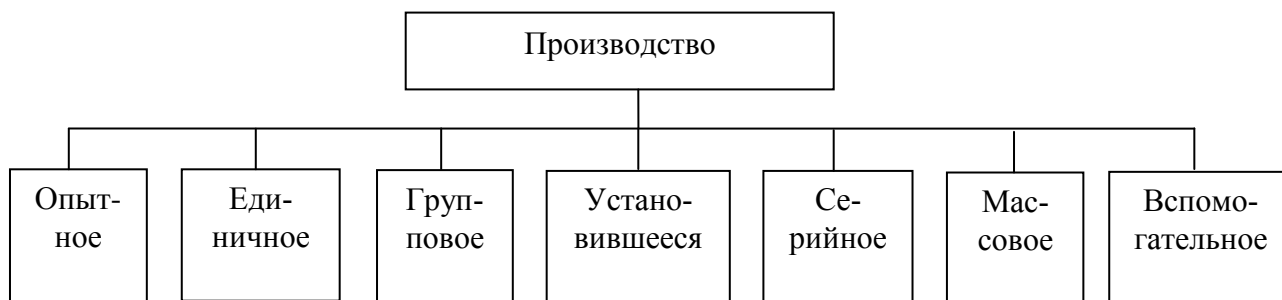


Рисунок 4.3 – Схема разновидностей объектов производства

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом (1-3 шт.) выпуска изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не повторяется. Применяемые станки, приспособления, режущие и измерительные инструменты должны быть универсальными, обеспечивающими изготовление деталей широкой номенклатуры.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от числа изделий в партии различают: мелкосерийное (3-10 шт. в партии); среднесерийное (10-50 шт. в партии); крупносерийное (50-1000 шт. в партии). При этом само производственное подразделение различается по типу производства в зависимости от закрепления технологических операций за одним (в среднем) рабочим местом, рассчитываемым по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (4.1)$$

где O – число различных технологических операций; P – количество различных рабочих мест в производственном подразделении

Значение коэффициента закрепления операций:

$$K_{з.о.} = \begin{cases} \text{крупносерийного:} & (01 \div 10) \\ \text{среднесерийного:} & (10 \div 20) \\ \text{мелкосерийного:} & (20 \div 40) \end{cases}$$

Основное производство – изготовление изделия для поставки заказчику.

Вспомогательное производство – производство средств, необходимых для функционирования основного производства. К вспомогательному производству относятся изготовление и ремонт средств технологического оснащения,

производство и подача сжатого воздуха, воды, тепловой и электрической энергии, транспортировка изделий и т.д.

Изделие – предмет или совокупность предметов производства, изготавливаемых на предприятии; в зависимости от классификационной характеристики производств различают: изделие основного, вспомогательного, опытного, единичного, серийного и т.д. производства.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой и прочими сборочными операциями).

Комплекс – два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, автоматическая линия станков; бурильная установка; система, состоящая из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления).

Комплект – два или более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное значение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и др.

Составные части изделия – комплектующие, покупные, кооперированные части изделия, изготовленные на других предприятиях как отдельные изделия.

При разработке поэтапных наименований разновидностей проектных вариантов изделий рекомендуется использовать унифицированную терминологию (таблица 4.1)

Таблица 4.1 – Термины проектных вариантов изделия

Термин	Определение
1	2
Изделие основного исполнения	Типовое изделие первого исполнения, условно принятого за основное
Макет	Изделие, воспроизводящее разрабатываемое изделие или его составные части в масштабе и объеме, необходимых для проверки принципов их работы при выполнении проектной или рабочей документации
Проектный макет	Макет, изготовленный на стадии разработки технического проекта
Рабочий макет	Макет, изготовленный на стадии разработки рабочей конструкторской документации
Модель	Изделие, являющееся объемным упрощенным воспроизведением предметов в установленном масштабе и предназначенное для проверки принципов их работы или определения характеристик

1	2
Опытный образец изделия (опытное изделие)	Изделие, изготовленное по вновь разработанной рабочей конструкторской документации для проверки его соответствия техническому заданию, проверки конструктивных решений, последующей необходимой корректировки документации и подготовки технологического оснащения производства основных составных частей изделия
Опытная партия изделий	Совокупность изделий, изготовленных одновременно по вновь разработанной рабочей конструкторской документации для проверки соответствия изделий техническому заданию, конструкторской документации, а также для последующей необходимой корректировки документации и подготовки технологического оснащения производства составных частей изделия
Изделие установочной серии	Изделие, изготовленное по документации, уточненной по результатам изготовления и испытания опытного образца или опытной партии, для контроля соответствия изделия техническому заданию, конструкторской документации, проверки технологического оснащения производства основных составных частей, последующей необходимой корректировки и подготовки полностью оснащенного технологического процесса серийного (или массового) производства
Главный образец [главная (контрольная) серия]	Первый экземпляр изделия, изготовленный по вновь разработанной документации для применения заказчиком с одновременной отработкой конструкции и технической документации для производства и эксплуатации остальных экземпляров изделия. Главных образцов при создании конкретного изделия может быть несколько
Полуфабрикат	Предмет труда, подлежащий дополнительной обработке или сборке на предприятии-потребителе
Заготовка	Предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу
Исходная заготовка	Заготовка перед первой технологической операцией
Штампованная заготовка	Изделие или заготовка, полученные технологическим методом штамповки
Отливка	Изделие или заготовка, полученные технологическим методом литья
Поковка	Изделие или заготовка, полученные технологическим методомковки
Материал	Исходный предмет труда, потребляемый для изготовления изделия
Основной материал	Материал исходной заготовки (к основному материалу относится также материал, масса которого входит в массу изделия при выполнении технологического процесса, например, материал сварочного электрода, припоя и т. д.)
Вспомогательный материал	Материал, расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному (вспомогательными могут быть материалы, расходуемые при нанесении покрытия, пропитке, сварке, пайке, закалке и т.д.)

4.3. Деталь – первичный объект в проектной деятельности

Деталь – изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций. Деталью называется также изделие, подвергнутое защитным или декоративным покрытиям или изготовленное из одного и того же материала с помощью пайки, клейки, сварки.

Любопытно отметить, что деталь – слово от французского *détail*, буквально – подробность. **Детали машин:** 1) научная дисциплина, включающая теорию, расчет и конструирование деталей, то есть отдельных составных частей и их простейшие соединения в машинах, приборах, аппаратах, приспособлениях и др.

В проектной деятельности и в ее методической части, исходящей из метода аналога, важнейшим понятием для инженерно-квалиметрического анализа является термин базовая деталь (деталь-представитель), приведенная деталь, принятая за основу для анализа конструктивных, технологических, габаритных параметров и для расчета квалиметрических показателей технологичности конструкции.

Базовая деталь выбирается для определения условной (квалиметрически исчисленной) программы производства, особенно при проектировании производственных участков, цехов и всего предприятия. При проектировании технологических процессов сборки учитывается, что она начинается с базовой детали.

В проектной деятельности информационным отражением первичного объекта является **чертеж**, который входит в основу производственно-технической документации. В Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) принято: чертеж – изображение предметов, главным образом машин, сооружений и технических приспособлений и их деталей, выполненное с указанием их размеров, масштабов, состава, материалов и т.п., однозначно определяющих эти предметы и необходимых для их изготовления и контроля. На практике составляют чертежи рабочие, сборочные, габаритные, монтажные, ремонтные и другие документы, необходимые для полной характеристики деталей всей машины.

Для инженерно-квалиметрического анализа **чертеж детали** является ее **моделью** (от лат. *modulus* способ, образец) – изображение, описание, схема, чертеж, график, план, карта какого-либо объекта, процесса или явления; любой образ (аналог) некоего оригинала, используемый в качестве его «заместителя» или «представителя» в моделировании.

4.4. Состав и виды научно-технической документации в проектировании

Обязательность выполнения стадий и этапов разработки проектной документации регламентируется стандартами и устанавливается для каждого вида проектов техническим заданием на разработку определенного комплекта документов. Необходимо исходить из основного постулата о том, что проектирование (прежде всего конструирование) как мысленное представление будущего объекта занимает центральное место в процессе создания (производства) технических изделий.

Методика решений проектных задач характеризуется признаками синтеза структуры деятельности проектировщиков. Неопределенность при синтезе может быть снижена итерационной (пошаговой) обработкой информации, объем которой в процессе проектирования постоянно растет, а также использованием уже существующих решений, в особенности принятых аналогов и рассмотрения их в качестве базовых. Предварительные продумывания вариантов решений или их отдельных элементов, сознательное возвращение к исходной позиции для сравнения полученной структуры с требуемой технической идеей – такова процедура целевого проектирования.

Для создания условий единообразия в подготовке проектной документации имеются рекомендации видов и комплектности проектно-конструкторской документации (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Виды и комплектность проектно-конструкторской документации

Код документа	Наименование документа	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация на				Дополнительные указания
					детали	сборочные единицы	комплексы	комплекты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
–	1. Чертеж детали	—	—	○ ¹	● ¹	—	—	—	Допускается не выпускать чертеж в случаях, оговоренных в ГОСТ 2.109-73
СБ	2. Сборочный чертеж	—	—	—	—	● ²	—	—	—
ВО	3. Чертеж общего вида	○	○	●	—	—	—	—	—
ТЧ	4. Теоретический чертеж	—	○	○	○	○	○	—	—
ГЧ	5. Габаритный чертеж	○	○	○ ¹	○ ¹	○ ²	○	—	—

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МЭ	5а. Электромонтажный чертеж	—	—	—	—	○	—	—	—
МЧ	6. Монтажный чертеж	—	—	—	—	○ ²	○	○	—
УЧ	6а. Упаковочный чертеж	—	—	—	○	○	○	○	—
По ГОСТ 2.701-84	7. Схемы	○	○	○	—	○	○	○	Номенклатура различных видов схем установлена ГОСТ 2.701-84
—	8. Спецификация	—	—	—	—	●	●	●	Спецификацию комплектов монтажных, сменных и запасных частей, инструмента, принадлежностей и материалов, упаковок, тары допускается не составлять. Изделия и материалы, входящие в комплект, целесообразно записывать непосредственно в спецификацию изделия, для которого они предназначены
ВС	9. Ведомость спецификаций	—	—	—	—	○	○	○	Ведомость спецификаций рекомендуется составлять на комплексы и сборочные единицы, имеющие две и более ступени входимости составных частей и предназначенные для самостоятельной поставки. При передаче конструкторской документации предприятию-изготовителю составление ведомости спецификации на эти изделия обязательно
ВД	10. Ведомость ссылочных документов	—	—	—	—	○	○	○	Ведомость ссылочных документов составляют при передаче конструкторской документации предприятию-изготовителю к моменту передачи документации. При передаче документации на комплекс допускается составлять только одну (общую) ведомость на всю передаваемую документацию комплекса

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВП	11. Ведомость покупных изделий	—	○	○	—	○	○	○	Ведомость покупных изделий рекомендуется составлять на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки
ВИ	12. Ведомость разрешения при- менения по- купных изделий	—	○	○	—	○	○	○	Ведомость разрешения применения покупных изделий рекомендуется составлять на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки
ДП	13. Ведомость держателей под- линников	—	—	—	—	○	○	○	Ведомости технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и пояснительную записку для сборочных единиц и комплектов не составляют, если они входят в состав более сложного изделия (например, в комплекс), на которое составлены эти документы, содержащие все необходимые сведения по входящим в них сборочным единицам и комплектam
ПТ	14. Ведомость технического предложения	●	—	—	—	—	—	—	
ЭП	15. Ведомость эскизного проекта	—	●	—	—	—	—	—	
ТП	16. Ведомость технического проекта	—	—	●	—	—	—	—	
ПЗ	17. Пояснительная записка	● ³	● ³	● ³	—	—	—	—	
ТУ	18. Технические условия, регла- менты	—	—	○	○	○	○	○	Технические условия составляют на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки (реализации) потребителю. По согласованию потребителя (заказчика) и поставщика (разработчика) конструкторской документации технические условия могут быть составлены на отдельные составные части изделия. Технические условия на изделия народнохозяйственного назначения единичного производства разового изготовления не составляются. Разработка, приемка и поставка таких изделий осуществляется в соответствии с ГОСТ 15.005-86
ПМ	19. Программа и методика испы- таний	—	○	○	○	○	○	—	—

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТБ	20. Таблицы	○	○	○	○	○	○	○	Номенклатура необходимых таблиц, расчетов, инструкций и прочих документов устанавливается разработчиком в зависимости от характера и условий производства изделий
РР	21. Расчеты	○ ³	○ ³	○ ³	○	○	○	○	
И...	21а. Инструкции	—	—	—	○	○	○	○	
Д...	22. Документы прочие	○	○	○	○	○	○	○	Номенклатура и обязательность выполнения эксплуатационных документов установлена ГОСТ 2.601-95
По ГОСТ 2.601-95	24. Документы эксплуатационные	—	—	—	○	○	○	○	
По ГОСТ 2.602-95	25. Документы ремонтные	—	—	—	○	○	○	○	
КУ	26. Карта технического уровня и качества продукции	○	○	○	○	○	○	○	Номенклатура продукции, на которую составляют карту технического уровня и качества продукции, а также правила оформления ее – по ГОСТ 2.116-84

Условные обозначения:

● – документ обязательный;

○ – документ составляют в зависимости от характера, назначения или условий производства изделия с учетом требований, изложенных в графе «Дополнительные указания»;

— — документ не составляют.

Примечания:

1. Документы, для которых над условными обозначениями проставлены одинаковые цифры, могут быть по усмотрению разработчика совмещены. При этом совмещенному документу присваивается код и наименование документа, имеющего наименьший порядковый номер по таблице.

2. Документы, предназначенные для изделий единичного и вспомогательного производства, допускается выполнять с упрощениями, указанными в ГОСТ 2.109-73 и ГОСТ 2.503-74.

3. Документы, предназначенные для технических решений, допускается приводить укрупненно.

Глава 5. Критерии и показатели рациональности проектов

5.1. Технологическая рациональность

Нормативными документами (ГОСТ 14.201-83) вводится термин «Технологическая рациональность». В простейших задачах условия производства и эксплуатации изделий определяются возможностями эффективного использования трудовых и материальных ресурсов, исходя из принятых (действующих в предпроектный, проектный и прогнозируемый периоды) норм и нормативов. При этом учитываются перспективы технического перевооружения предприятий, изготавливающих изделия и эксплуатирующих их в системе производственного и личного потребления. В изложенном смысле понятие «технологическая рациональность» (< лат. rationalis разумный <ratio разум) означает продуманность, обусловленность, логическая подкрепленность.

Технологическая рациональность требует соблюдения принципа конструкторской и технологической преемственности проектируемого изделия в соответствии с общенаучным методом аналога. Следовательно, проектное (техническое) предложение должно иметь полную характеристику и комплект документов, подтверждающих критерии и расчетные показатели уровня рациональности аналога (изделия), принятого за базовое изделие для проектных решений.

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работы, представляет собой **технологичность конструкции изделия** (ТКИ). (Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. М.: Машиностроение, 2001. С.865. ГОСТ Р50995.3.1-96. Техническое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства).

Приведенные документы излагают общие критерии рациональности проектов и устанавливают показатели количественного обоснования прогрессивности результата проектирования.

5.2. Рациональность конструкции изделия

Показатели рациональности необходимо в полном объеме проектирования выражать количественными показателями качества, среди которых решающее значение приобретают социально-экономические требования, такие как:

1) социальные – улучшение условий и облегчение труда обслуживающего персонала, безопасность в эксплуатации, отсутствие факторов, загрязняющих жизненную среду;

2) экономические – снижение затрат ресурсов производства и эксплуатации по сравнению с аналогом, принятым в проектной технической идее; необходимо всегда рассматривать и учитывать экономическое значение создания, внедрения и использования новой конструкции.

В современной проектной деятельности практики-менеджеры считают, что конструировать с учетом социально-экономических требований – значит уменьшать стоимость изготовления изделий, избегать сложных и дорогих решений, применить наиболее дешевые материалы и наиболее простые способы обработки. Но это лишь часть задачи. Главное значение имеет экономический эффект, определяемый полезной отдачей изделия и суммой эксплуатационных расходов за весь эксплуатационный цикл изделия. Социально-экономическая направленность проектной цели подразумевает учет всего комплекса факторов, определяющих социальную экономичность изделия и достоверную количественную оценку относительных значений (по отношению к аналогу) факторов. К сожалению, отмеченное требование часто игнорируется, прежде всего, из-за отсутствия научно-достоверных и практически применяемых методов расчета социальной и экономической целесообразности проектных решений.

Требования должны быть реальными (отвечать достигнутому уровню науки, техники) и нацеленными в будущее (учитывать перспективу развития, модернизационную возможность изделия и наращивание функциональных задач). Такой подход к разработке проектных решений служит гарантией создания высокоэффективных образцов, отвечающих показателям мировых аналогов.

Следовательно, инженерно-квалиметрическое моделирование в проектной деятельности становится чрезвычайно важным, направленным на реализацию требований ГОСТ 15467-79 (2009) по расчету интегрального квалиметрического показателя (интегрального показателя качества продукции).

Для достижения изложенной цели в проектной деятельности для любого локального проекта необходимо рассчитывать показатели **технологичности конструкции изделия** (ТКИ) в соответствии с требованиями ГОСТ 14.201-83; ГОСТ 14.202-83, в которых установлены общие правила выбора показателей технологичности конструкции изделий машиностроения и приборостроения.

Стандарт ГОСТ 14.201-83 дает блок-схему определения показателей технологичности (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Рекомендуемый перечень показателей технологичности конструкции изделия

Показатели технологичности конструкции изделия	Вид изделия				Стадия разработки конструкторской документации					
	Деталь (1)	Сборочная единица (2)	Комплекс (3)	Комплект (4)	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация		
								опытного образца (опытной) партии	серийного (массового) производства	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Трудоемкость изготовления изделия	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	0 _{2,3}	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div> _{2,3}	<div><div></div></div> _{1,4}	
2. Удельная материалоемкость изделия (удельная материалоемкость, удельная энергоемкость и пр.)	–	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	–	0	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	
3. Технологическая себестоимость изделия	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	0	0 _{2,3}	<div><div></div></div> _{2,3}	<div><div></div></div> _{1,4}	
4. Средняя оперативная трудоемкость технического обслуживания (ремонта) данного вида	0	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	–	–	–	–	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	
5. Средняя оперативная стоимость технического обслуживания (ремонта) данного вида	0	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	–	–	–	–	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	
6. Средняя оперативная продолжительность технического обслуживания (ремонта) данного вида	0	0	0	0	–	–	0	0	0	

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Удельная трудоемкость изготовления изделия	–			–	–				
8. Трудоемкость монтажа	–			–	–	–	0		
9. Коэффициент применимости материала	–		0	0	–	–	0		
10. Коэффициент унификации конструктивных элементов		0	0	0	–	0			0
11. Коэффициент сборки	–			–	–				

Примечания:

1. Все знаки, регламентирующие применение показателей, действительны, если необходимость определения показателей установлена отраслевым стандартом предприятия для конкретного вида изделий.
2. Знак «» означает, что обязательно определение значения показателя точными методами.
3. Знак «» означает, что обязательно определение приближенного значения показателя укрупненными методами.
4. Знак «0» означает, что обязательно определение показателя в общем виде.
5. Знак «–» означает, что для данного вида изделий или стадии разработки конструкторской документации не определяется значение показателя.
6. Индексы к знакам и указывают, для какого вида изделий определяется значение показателя на данной стадии разработки конструкторской документации.

Все многообразие показателей технологичности конструкции изделий (ТКИ) сведено к семи группам, которые соответствуют критериям по характеризующим свойствам, а именно:

1) рациональность конструкции – сложность конструкции изделия, сборность, легкоъемность составных частей, доступность мест обслуживания, контролепригодность, равновесность элементов при монтаже вне предприятия-изготовителя, распределение доступа между изготовлением и монтажом;

2) преемственность конструкции – новизна конструкции, применяемость унифицированных и стандартных составных частей, применяемость унифицированных конструктивных элементов детали (резьбы, креплений, галтелей, фасок, отверстий и т.п.), преемственность материалов, повторяемость конструктивных элементов, материалов, типизация конструктивного исполнения;

3) ресурсоемкость – трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость, информационоемкость;

4) производственная рациональность – трудоемкость изделия в проектно-технической подготовке производства, трудоемкость изготовления, трудоемкость монтажа вне предприятия-изготовителя, продолжительность технической подготовки производства, продолжительность цикла производства, себестоимость производства;

5) эксплуатационная технологичность – трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость (эксплуатация) разовой оперативной проверки, технического обслуживания, монтажа, демонтажа, утилизация изделия, технологическая себестоимость изделия в эксплуатации;

6) ремонтная технологичность – трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость, информационоемкость по стадиям ремонта;

7) общая технологичность конструкции изделия – удельная трудоемкость, удельная материалоемкость, удельная энергоемкость, удельная информационоемкость, удельная технологическая себестоимость изделия.

Из перечисления критериев технологической рациональности можно выделить наиболее существенные показатели: трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость. Кроме этого, в числе критериев производственной рациональности необходимо выделить критерии и их показатели: механовооруженность, технологическая оснащенность, энерговооруженность и электронная вооруженность.

Проектная деятельность по критериям технологичности конструкции изделия осуществляется совместно разработчиками конструкторской и технологической документации, соответствующими подразделениями предприятий-изготовителей с учетом кооперационных взаимосвязей и представителями заказчика (инвестора). Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия в зависимости от стадии разработки конструк-

торской документации устанавливается стандартами (техническими регламентами) предприятий-разработчиков, предприятий-изготовителей, заказчиков (инвесторов), в соответствии с требованиями, установленными бизнес-проектами. Содержание работ по обеспечению расчетов технологичности должны соответствовать ГОСТ 401-88; ГОСТ 2444-80. Рекомендуемый стандартом перечень показателей технологичности конструкции изделий дан в таблице 5.1, ГОСТ 14.201-83. С. 90-91; ГОСТ Р50995.3.1-96. Техническое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства.

5.3. Методологические проблемы и особенности расчета показателей технологической рациональности

В совокупности показателей конструкторско-технологической рациональности существенными и проблемными для проектных задач являются: сложность и новизна конструкции, ресурсоемкость конструкции, выражаемая трудоемкостью, материалоемкостью, энергоемкостью. В теоретическом аспекте сложность и новизна конструкции представляются как проявление в реальных конструкторских задачах информационной определенности. Сложность и новизна конструкции изделий машиностроения в аналоговом методе имеют расчетные алгоритмы и способы количественного представления величин сложности и коэффициентов новизны.

Сложность кинематической, гидравлической и электрической схем учитывается количеством и сложностью их реализующих деталей, и, следовательно, они могут быть взяты как самостоятельные факторы при решении других задач, в частности, проблемы прогнозирования трудоемкости изделий на стадии эскизного проекта или стадии технического задания на проектирование.

Ресурсоемкость от слова «ресурсы (фр. resources вспомогательное средство) средства, например, денежные; запасы, например, природные; источники чего-либо». Следовательно, ресурсоемкость можно объяснять как источники труда, материалов, энергии, информации в производстве какой-либо «емкости». Однако для расчета показателей технологической рациональности требуется конкретизировать величину «емкость» и определить точную единицу измерения величины емкости. В общем виде нормативные документы дают названия величин емкости производства продукции, пользуясь метрологическими единицами: кг, м, м², м³, штука, баррель, ньютон, ватт, джоуль и т.п. В экономических расчетах исходя из перечисленных единиц, обобщенно рекомендуется «калькуляционная единица себестоимости». Снова возникает неопределенность самого понятия: 1) что означает стоимость; 2) кто это «себе».

5.4. Себестоимость и стоимость

Со словом себестоимость приходится вторгаться в фундаментальную проблематику социально-экономической теории. Вот, например, французские ученые Ив Бернар и Жан-Клод Колли слово себестоимость переводят: *prix de revient* (франц.); *cost price* (англ.); *precio de coste* (итал.). Попробуем перевести с английского языка на русский *cost price*, используя *Russian Dictionary. Concise Oxford*. М.: Инфра-М. 2000. *Cost* [kost] n. (monetary) цена, стоимость; *price* [prais] n.1. цена; себе, себя, собой: refl.pron. oneself, myself, you self, himself.

Сопоставление значений *cost* и *price* и их объединение для обозначения себестоимости обнаруживает искусственность русского термина и уводит от самой проблемы выяснения сущности понятия и термина **стоимость**.

Ив Бернар и Жан-Клод Колли раскрывают термин «себестоимость» как «затраты хозяйствующего субъекта на производство товара или оказание услуг...». Совокупность этих затрат составляет «стоимость» деятельности предпринимателя. В расчете на единицу продукции это и есть «себестоимость» данного товара или данной услуги. Традиционно схематично считается, что политика производителя состоит обычно в назначении для каждого товара продажной цены выше ее себестоимости. Разница составляет «**прибыль**». Но крайняя дифференциация процесса производства и сбыта, необходимость приспособливаться к рынку, признанная полезность прогнозирования, растущая важность выработки промышленной и торговой стратегии наполнили это понятие более сложным содержанием, и сегодня ему предпочитают понятие «**издержки**». (Толковый экономический и финансовый словарь. М.: Международные отношения. Т. II. 1994. С.395).

Один из основателей классической политической экономии Д.Рикардо (1772-1823) считал, что в экономической теории нет такого предмета, который бы породил столь большое количество ошибок и разногласий, как неточность и неопределенность смысла, вкладываемого в слово «**стоимость**».

С той поры прошло уже 200 (!) лет, и что теперь говорят и пишут российские политэкономы, занимающие главные должности вещателей истины: «стоимость относится к числу фундаментальных экономических категорий и не имеет единственного или даже хотя бы общепринятого определения». (Оценка рыночной стоимости недвижимости. М.: Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. 1998. С.38).

Но ведь за это время прошла огромная полоса политических, экономических, военно-кровавых баталий в мировом развитии производительных сил трудовой деятельности общества. Классическая политическая экономия из своей среды выдвинула таких корифеев, как Карл Маркс и Фридрих Энгельс, соз-

давших особую экономическую теорию развития общества на идеях: Ф.Энгельс «Наброски к критике политической экономии» (1843-январь 1844 гг.), журнал «Deutsch Französische Jahrbücher».

Не вдаваясь в подробности объяснений Ф.Энгельсом своих «гениальных набросков» (К.Маркс) приведем его определение: **«Стоимость есть отношение издержек производства к полезности».**

Вопреки скептическим взглядам на такое определение, необходимо все-сторонне проанализировать определение: «стоимость есть отношение издержек производства к полезности» и показать, что оно отвечает всем требованиям и притязаниям не только как общеэкономической категории, но и методологическим требованиям науки квалиметрии продукции в терминологии ГОСТ 15467-79 (2009). И вот почему.

1. Стоимость как категория экономической науки, как видно из приведенного изложения, определяется посредством понятий: производство, издержки, полезность, которые приближают исследователя и читателя к реальным трудовым процессам, непосредственно наблюдаемым в повседневной жизни.

2. Слова «есть», «отношение» – это обычные слова, выражающие, прежде всего, арифметические действия равенства и деления и, с другой стороны, являются понятиями и основными первичными операциями математической логики.

3. Формирование стоимости как отношения издержек производства к полезности происходит в процессе производства этой полезности и, следовательно, одним из его характеристик является продолжительность процесса во времени. Задача исследователя состоит в изучении стоимости в динамике.

4. Применяя простые арифметические понятия: равенство, деление, числитель и знаменатель можно экономическую категорию стоимости в формулировке, данной Ф.Энгельсом, представить достаточно строгой математической формулой:

$$C = \frac{E}{U}, \quad (5.1)$$

где C – стоимость (cost); E – издержки (expenses) производства; U – полезность (utilitas – лат., utility – англ.).

5. Экономическая теория, обобщая хозяйственную практику производства, стоимостной аспект представляет в динамике через минимизацию издержек и максимизацию полезности. Следует учитывать еще одно важнейшее свойство стоимости как количественной величины, изменяющейся во времени – это быть вектором, то есть величиной, для характеристики которой кроме численного ее значения необходимо знать и направление ее действия.

6. Предпосылки теории поведения экономических субъектов, отражаемой функциями минимизации издержек и максимизации полезности позволяют представить стоимость, как

$$\lim_{t \rightarrow \infty} C_t = \frac{E_t^{\min}}{U_t^{\max}} = 0, \quad (5.2)$$

то есть в пределе при бесконечно ($t \rightarrow \infty$) продолжающемся процессе производства минимизация издержек и максимизация полезности приводит к нулевому состоянию величины стоимости. Конечно, в реальном функционировании общественного производства достигнуть отмеченного состояния невозможно, однако существенная тенденция снижения стоимости очевидна.

7. Для экономической концепции производства равноправное со стоимостью значение принимает понятие «ценность». До 20-х годов XX в. в литературных источниках того периода особого различия между стоимостью и ценностью не усматривалось. Еще ранее В.И. Даль в своем Словаре живого великорусского языка разъясняет, что «стоимость – цена, ценность», то есть понятие ценности отождествляется с понятием стоимости. Позднее в энциклопедическом словаре Ф.А. Брокгауза и И.А. Эфрона определено: «ценность – представление человека о хозяйственном значении предметов внешнего мира». В современном словаре разъясняется: «Ценность блага – ценность, которая определяется полезностью предельного экземпляра, удовлетворяющего наименее настоятельную потребность». (Большой экономический словарь /Под ред. А.Н. Азрилияна. М.: Институт новой экономики. 1999).

8. Изучение различных исследований и публикаций позволяет сделать вывод о том, что общепризнанного определения «ценности» так же, как и «стоимости» на данном этапе развития экономической теории, видимо, пока еще нет. Поэтому будем исходить из тезиса Ф.Энгельса и сформулируем определение так: ценность есть обратно пропорциональная величина стоимости и определяется как отношение полезности к издержкам производства. Изложенное так определение ценности можно представить аналогично стоимости математической формулой:

$$V = \frac{U}{E}, \quad (5.3)$$

где V – ценность (value); U – полезность (utility); E – издержки (expenses).

Применяя приведенные ранее функции минимизации издержек и максимизации полезности можно выразить:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} V_t = \frac{U_t^{\max}}{E_t^{\min}} = \infty. \quad (5.4)$$

Из предела следует, что при бесконечно ($t \rightarrow \infty$) продолжающемся процессе производства максимизация полезности и минимизация издержек ведет к бесконечной величине ценности. Разумеется, в реальном функционировании общественной жизни и в производстве благ бесконечность ценности недостижима, однако представленная математическим выражением предела тенденция, как представляется, была положена в советское время в основу закона хозяйствования: «Достижение максимальных результатов при минимуме затрат».

Многие научные понятия не имеют смысла без предполагаемой процедуры их измерения. К таким понятиям относится полезность, по отношению к которой, несмотря на ее «древность», все еще не решены многие частные и общенаучные проблемы измерения. Здесь измерительные процедуры связаны, прежде всего, с измерениями объективного комплекса свойств продукции и затем представлениями измеренных свойств в категориях качества продукции.

Изложенное позволяет выдвинуть рабочую гипотезу о возможности представления полезности в определении стоимости, данной Ф.Энгельсом, через количественное выражение по формуле:

$$U = Q \cdot \eta, \quad (5.5)$$

где Q – количественное выражение качества как совокупности метрологически измеренных свойств продукта; η – количественное выражение субъективно-индивидуальных желаний представляемого качества, то есть функция желательности (desirability).

Производители продукции при целеполагании, прогнозировании, планировании и целевом программировании исходят из предположения: вся продукция (изделие) будет реализована (продана). Следовательно, функция желательности при всех перечисленных этапах принимает значение $\eta = 1$. Естественно полагать, что функция желательности у производителей и продавцов не будет равна единице, ее величина прогнозируется статистикой и включается в экономические расчеты возможных убытков и их компенсаций.

В инженерно-квалиметрическом анализе необходимо исходить из проектного значения $\eta = 1$ и, следовательно, полезность продукции полностью определяется величиной качества как показатель совокупности свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные проектом потребности в соответствии с предусмотренной средой потребителей.

Стоимость изделия при этом условии, то есть $U = Q$, математически выразится формулой

$$C_t = \frac{E_t}{Q_t}, \quad (5.6)$$

где C_t – стоимость изделия в период производства t ; E_t – издержки производства изделия на период t ; Q_t – показатель качества (квалиметрический параметр) из-

делия на период t ; $t = t_0 + \Delta t$ – фиксированное время производства (час, день, сутки, квартал, год и т.д.).

Если принять показатель качества (квалиметрический параметр изделия) постоянной величиной на период t , то стоимость изделия во времени будет изменяться за счет изменения величины издержек производства. Из методов калькуляции себестоимости известно разложение издержек производства по отдельным статьям расходов, следовательно, издержки производства можно представить как сумму $E = \sum_{i=1}^n e_i = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_i + \dots + e_n$. При этом стоимость выразится как отношение

$$C_t = \frac{E_t}{Q_t} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{Q_t} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_i + \dots + e_n}{Q_t} = \frac{e_1}{Q_t} + \frac{e_2}{Q_t} + \frac{e_3}{Q_t} + \dots + \frac{e_n}{Q_t}. \quad (5.7)$$

Допустим, что нам необходимо рассмотреть состав и структуру стоимости конкретной детали-изделия D . Обозначим структурные единицы знаком « d » и представим их в расчетной формуле стоимости:

$$C_d = \frac{E_d}{Q_d} = \frac{e_{d1} + e_{d2} + e_{d3} + e_{d4}}{Q_d} = \frac{e_{d1}}{Q_d} + \frac{e_{d2}}{Q_d} + \frac{e_{d3}}{Q_d} + \frac{e_{d4}}{Q_d}.$$

Если в общих издержках производства выделить:

$e_{d1} = T_d$ – затраты живого труда на производство детали, в трудочасах;

$e_{d2} = \mathcal{E}_d$ – затраты энергетических ресурсов на производство детали, в киловатт-часах;

$e_{d3} = M_d$ – затраты материальных ресурсов на производство детали, в кг, м, м², м³ и др.;

$e_{d4} = I_d$ – использованных информационных ресурсов на производство детали, в бит, байт, логон, издательских листах, то стоимость детали выразится как отношение издержек производства к качеству детали D .

Дифференцированное выражение стоимости будет представлять собой:

$$\text{удельные затраты живого труда (трудоемкость)} \quad T_q = \frac{T_d}{Q_d} \left[\frac{\text{трудочасы}}{\text{квалиединица}} \right], \quad (5.8)$$

$$\text{удельные затраты материалов (материалоемкость)} \quad M_q = \frac{M_d}{Q_d} \left[\frac{\text{кг (м, м}^2, \text{м}^3, \dots)}{\text{квалиединица}} \right], \quad (5.9)$$

$$\text{удельные затраты энергии (энергоемкость)} \quad \mathcal{E}_q = \frac{\mathcal{E}_d}{Q_d} \left[\frac{\text{квтчас}}{\text{квалиединица}} \right], \quad (5.10)$$

$$\text{удельные затраты ресурсов информации (информациоёмкость – информативность)} \quad I_q = \frac{I_d}{Q_d} \left[\frac{\text{бит, байт, логон}}{\text{квалиединица}} \right]. \quad (5.11)$$

Ранее было приведено понятие ценность как обратно пропорциональная величина стоимости

$$V = \frac{Q \cdot \eta}{E}; \text{ при } \eta = 1 \quad V = \frac{Q}{E} \text{ и для периода производства } t = t_0 + \Delta t, \quad V_t = \frac{Q_t}{E_t}.$$

При изложенном выражении ценность не может быть разложена на дольные части качества изделия по составным частям издержек производства, поэтому представим показатели ценности детали как обратно пропорциональные величины удельных затрат:

$$\text{удельная ценность живого труда} \quad T_v = \frac{Q_d}{T_d} \left[\frac{\text{квалиединица}}{\text{трудочасы}} \right], \quad (5.12)$$

$$\text{удельная ценность материалов} \quad M_v = \frac{Q_d}{M_d} \left[\frac{\text{квалиединица}}{\text{кг (м, м}^2, \text{м}^3, \dots)} \right], \quad (5.13)$$

$$\text{удельная ценность энергии} \quad \mathcal{E}_v = \frac{Q_d}{\mathcal{E}_d} \left[\frac{\text{квалиединица}}{\text{кВтчас}} \right], \quad (5.14)$$

$$\text{удельная ценность ресурсов информации} \quad I_v = \frac{Q_d}{I_d} \left[\frac{\text{квалиединица}}{\text{бит, байт, логон}} \right]. \quad (5.15)$$

Представленные удельные затраты в стоимости и ценности составляют определенную матрицу норм расхода и норм полезности в производстве продукции (изделий). В практике проектной и плановой деятельности существуют реальные показатели, являющиеся идентифицированными отражениями изложенных теоретических понятий стоимости и ценности. Таковы, например, показатели: 1) трудоемкость и ее обратно пропорциональная величина – производительность живого труда; 2) материалоемкость и ее обратно пропорциональная величина – коэффициент использования материалов (КИМ); 3) энергоемкость и ее обратно пропорциональная величина – энергоэффективность; 4) информативность и ее обратно пропорциональная величина – ценность информации.

5.5. Общеэкономическая постановка проблемы

«Полезные действия различных предметов потребления, сопоставленные друг с другом и с необходимыми для их изготовления количествами труда, определяют окончательно этот план. Люди сделают тогда все это очень просто, не прибегая к услугам прославленной стоимости», – так утверждал Ф.Энгельс в своей работе «Анти-Дюринг», подтверждая свою мысль спустя более 30 лет после выхода его первой работы «Наброски к критике политической экономии». (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.20. С.321). Эта простая мысль до настоящего времени не имеет адекватных количественных методов ее практической реализации в системе управления разнообразными процессами общественного производства.

Попытку математически представить указанную проблему количественного выражения полезности продукции и сопоставления с затратами труда на ее производство предпринял в свое время Н.И.Бухарин (см.: Бухарин Н.И. Проблемы теории и практики социализма. М.: Политиздат, 1989. С.124), предложив следующую формулу измерения производительности (плодотворности) общественного труда:

$$\Pi_{\text{т}} = \frac{M}{a+b}, \quad (5.16)$$

где M – вся масса продуктов, выраженная в каких-либо единицах полезности (будь то энергетические величины или что-либо иное); a – единицы мертвого труда; b – единицы живого труда; a и b – единицы общественного труда. Известное замечание В.И.Ленина «Математика хуже, чем подозрительная, никуда не годна» к предложенной формуле Н.И.Бухарина способствовало тому, что поиски адекватных этой формуле количественных методов измерения эффективности труда и разработки трудосберегающей системы хозяйствования в экономической теории надолго прекратились.

По поводу приведенного замечания академик С.Г.Струмилин в свое время разъяснял, что В.И.Ленин критически отнесся не к сущности определения производительности труда по предложенной формуле, а только к ее математической форме, поскольку в то время не было количественной меры как для измерения массы продукции в единицах полезности, так и для измерения живого и прошлого труда. Так или иначе, направление, заданное Ф.Энгельсом, который понял необходимость указанного критерия для будущей общественно-экономической формации, стало набирать силу. Перед этим направлением стояла важная задача: создать метод измерения производительности труда путем сопоставления массы производимой продукции, измеренной в каких-либо единицах полезности, с затратами на его производство живого и прошлого труда. Процесс отыскания этого метода затянулся на долгие годы, количественных же мер нет и поныне.

Дальнейшие поиски натолкнулись, однако, на неполноту разработки ряда методологических проблем. В результате измерение общих (в масштабах всего общественного производства) затрат и результатов общественного труда не получила своего должного развития. Не решенные в науке, эти проблемы до сих пор затрудняют задачу практического определения производительности труда и в обществе, и в каждой отрасли, и на отдельном предприятии, не позволяя точно выявить как общую, так и по подразделениям группы А и Б, отраслям и предприятиям (по любым хозяйственным единицам) картину на тот или иной момент, не давая возможности установить главные и побочные тенденции их развития.

Практика, не дожидаясь общеэкономических теоретических результатов, эмпирическим путем вырабатывает свои критерии оценки. Ученые, пытаясь

осмыслить их, проводят многочисленные эмпирические исследования хозяйственной деятельности предприятий, отраслей народного хозяйства. Общий же критерий отрабатывается крайне медленно, хотя во всех этих поисках – эмпирических и теоретических, есть довольно серьезный успех – это возникновение и быстрое развитие **квалиметрии** – науки об измерении качества продукции. Внимательное рассмотрение истории развития общественного производства показывает, что квалиметрия незримо сопутствует общественному развитию и присутствует во всей практической деятельности человечества. Достаточно напомнить о такой древней квалиметрической мере как балльная оценка успеваемости в учебе. Вся сложившаяся Международная система единиц измерения (СИ) также является лишь частью глобальной науки – **квалиметрии человеческой деятельности**.

Полезность вещи делает ее потребительной стоимостью. Потребительная стоимость реализуется лишь в процессе потребления. Из этого следует, что потребительная стоимость количественно может быть выражена через полезность вещи, с учетом ее реализации в процессе потребления. Это утверждение математически выразится следующей функциональной зависимостью:

$$C_v = f(u, \eta_c), \quad (5.17)$$

где C_v – потребительная стоимость; u – совокупность количественно выраженных полезных для потребления свойств продукции; η_c – характеристика процесса потребления и потребителя.

«Различия товарных мер отчасти определяются различной природой самих измеряемых предметов, отчасти же являются условными». Отсюда следует, что количественное выражение природных свойств продукции может базироваться на их физико-химических свойствах и, следовательно, вся совокупность физических и химических единиц измерения должна войти составной частью в систему измерителей потребительной стоимости продукции. Однако этого недостаточно. Сообразно возникающим потребительным свойствам должны создаваться условные измерители и шкалы измерения.

Весь процесс общественного производства и потребления имеет тенденцию к достижению равенства полезных свойств продукции и ее потребительной стоимости.

В разрабатываемой концепции предусматривается создание системы мер, измерителей и шкал для количественного выражения потребительных свойств продукции, с учетом физико-химических мер, составляющих основу метрологии. Эту систему измерителей предлагается назвать квалиметрическими показателями. Для количественного выражения совокупности полезных свойств предлагается ввести следующие понятия и показатели:

q_i – единичный квалиметрический показатель продукции;
 q – частный квалиметрический показатель продукции;
 q_o – общий квалиметрический показатель продукции;
 q_c – интегральный квалиметрический показатель продукции.

Теоретическая и практическая задача состоит в том, чтобы определенному свойству полезности вещи, явления, процесса (S_i) присвоить соответствующий количественный показатель, адекватно отражающий данное измеренное (физико-химическое, конструкторско-технологическое, информационное, технико-эксплуатационное) свойство в общей системе общественного потребления, или, что то же самое, необходимо раскрыть следующие функциональные зависимости:

$q_i = f(S_i);$
 $q = f(S);$
 $q_o = f(S_o);$
 $q_c = f(S_c),$

где S_i, S, S_o, S_c – соответственно единичное, частное, общее и интегральное полезное свойство вещи, явления, процесса.

Товарное тело само есть потребительная стоимость или благо. Этот его характер не зависит от того, много или мало труда стоит человеку присвоение его потребительных свойств. Таким образом, в потребительных свойствах не отражается величина затрат живого и прошлого труда. Однако введенные в данном исследовании квалиметрические показатели должны отражать характер взаимосвязи показателей качества с издержками производства. Здесь не будет интересоваться абсолютное значение трудозатрат (много или мало), но сама система квалиметрических показателей будет строиться из постулата о том, что чем выше качество, тем больше требуется издержек производства и, следовательно, тем выше будет квалиметрический показатель продукции и наоборот.

5.6. Методологическая концепция

Разработка методологической концепции измерения и количественного выражения потребительной стоимости продукции должна осуществляться в форме взаимосвязей категорий, понятий и терминов и их определений в направлении от потребительной стоимости к элементарным (единичным) свойствам продукции, то есть будет раскрыто содержание цепочки следующих функциональных зависимостей.

1. Потребительная стоимость есть функция полезных для потребления свойств продукции (U) и зависит от характеристики требований потребителя и процесса потребления (η_c), то есть $C_v = f(u, \eta_c)$.

2. Свойства продукции (S) количественно выражаются путем измерения на основе установленных метрологией или другими рациональными науками принципов и методов измерения, то есть

$$S = \frac{f(x_k)}{f(x_o)}, \quad (5.18)$$

где S – измеренное свойство продукции; $f(x_o)$ – эталонная характеристика свойства (мера); $f(x_k)$ – фактическая характеристика свойства (измеряемое свойство).

3. Характеристику процесса потребления предлагается назвать добротностью продукции (η_c) и выражать ее функциональной зависимостью:

$$\eta_c = \frac{f(U_i)}{f(U_o)}, \quad (5.19)$$

где $f(U_o)$ – эталонное (проектное, паспортное и т.д.) значение полезности продукции; $f(U_i)$ – фактическое значение полезности рассматриваемой продукции.

4. Единичные и частные квалиметрические показатели продукции могут быть выведены путем раскрытия функциональных зависимостей:

$$q_i = f(S_i) \text{ и } q = f(S). \quad (5.20)$$

Ряд зависимости между q и S должен соответствовать виду зависимости издержек производства от измеренных свойств (параметров) изделий и продукции.

5. Общий квалиметрический показатель может быть двоякого рода: квалиметрический показатель производства продукции (q_{op}) и квалиметрический показатель эксплуатации или потребления продукции (q_{oe}).

Первый показатель обобщенно отражает качество изделия, проявляющего себя в ходе его изготовления, когда оно в процессе производства является предметом труда.

Например, общий квалиметрический показатель производства резца токарного q_{op} при его производстве будет отражать материал резца, соотношение массы резца к его заготовке, сложность геометрической формы резца, шероховатость поверхностей, точность размеров и некоторые другие особенности технологии изготовления. Общий квалиметрический показатель эксплуатации резца будет отражать способность снимать объем металла в единицу времени, стойкость от одной переточки до другой и количество переточек за жизненный цикл, то есть

$$q_{op} = f(S_p) \text{ и } q_{oe} = f(S_e). \quad (5.21)$$

6. Интегральный квалиметрический показатель q_c продукции определится из соотношения общего квалиметрического показателя эксплуатации (потребления) к общему квалиметрическому показателю производства продукции, то есть

$$q_c = \frac{q_{oe}}{q_{op}} = \frac{f(S_e)}{f(S_p)}. \quad (5.22)$$

Например, по нашим расчетам в соответствии с разработанными методиками расчета квалиметрических показателей металлорежущего инструмента для токарного проходного резца из быстрорежущей стали Р6М5 интегральный квалиметрический показатель

$$q_c = \frac{q_{oe}}{q_{op}} = 3,63.$$

Для токарного проходного резца из твердого сплава Т15К6 $q_c = 6,21$. Следовательно, потребительные свойства резца с твердосплавной пластинкой почти в два раза выше потребительных свойств резца из быстрорежущей стали.

При этом интегральный квалиметрический показатель должен дополнять экономический показатель, характеризующий соотношение сэкономленного труда в потреблении (ΔT_n) с затратами труда на производство данного продукта ($T_{пр}$), то есть

$$q_c = \frac{q_{oe}}{q_{op}} \rightarrow K_s = \frac{\Delta T_n}{T_{пр}}. \quad (5.23)$$

В этом случае между числителями и знаменателями в приведенных выражениях выявляются соответствующие корреляционные связи, то есть

$$\Delta T_n = f(q_{oe}) \text{ и } T_{пр} = \varphi(q_{op}). \quad (5.24)$$

Тем самым экономический параметр качества конкретного продукта будет увязываться с экономическими показателями качества в рамках однородной продукции, которые в свою очередь связаны с экономическими показателями качества всей продукции, выпускаемой данным предприятием.

Приведенный пример, имеющий количественное выражение качества конкретного вида резца, в общей системе управления инструментальным производством становится критерием для квалиметрического анализа в конструкторско-технологическом проектировании.

Глава 6. Квалиметрическая унификация конструкций деталей

6.1. Унификация и типизация – методы стандартизации

Унификация и типизация – термины одного порядка, которые в соответствии с современными справочниками означают: **унификация** – 1) один из методов стандартизации; унификация призвана минимизировать число типоразмеров, марок, свойств, например, унификация резьбы, сетевого напряжения и частоты, диаметр покрышек и т.п.; 2) приведение чего-либо к единому образцу, и единой форме, взаимозаменяемости; **типизация** – это метод стандартизации: разработка или отбор типовых конструкций или технологических процессов на основе общих для ряда изделий (процессов) технических характеристик.

Добавление слова «квалиметрическая» к словам «унификация» и «типизация» позволяет рассматривать процедуру расчленения совокупности первичных элементов машины-деталей, исходя из сущности их качественных характеристик, анализируемых методом квалиметрии. Здесь возникает множество процедур, порождаемых основным понятием качества, а именно: 1) совокупность свойств; 2) пригодность удовлетворять потребность; 3) предназначенность продукта (детали) для удовлетворения потребности; 4) интегрированная совокупность. Для изучения совокупности свойств объекта стандартизации установлены термины: **свойство, признак, параметр**. Изучение качества объектов (продукции) происходит через выявление отдельных свойств из неограниченного дерева свойств, путем установления признака присутствия или отсутствия искомого свойства. Важным завершающим этапом является измерительная процедура признанного свойства и последующего количественного представления его сущности параметром в принятой шкале измерений.

Квалиметрия как научная область обобщенно разрабатывает методы измерения качества по приведенной схеме: свойство → признак → параметр.

6.2. Принципы квалиметрии в унификации конструкций деталей

Рассмотрение унификации как метода приведения к образцу позволяет утверждать о древности количественного представления качества как совокупности свойств. Например, в научном исследовании представленных форм объектов с незапамятных времен существует понятие сфера (др.греч. σφαῖρα шар). Разнообразие применения слова «сфера» характеризует унифицированный смысл отражения многих свойств исследуемого качества:

1) сфера небесная – воображаемая шаровая поверхность произвольного радиуса для представления взаимного расположения и видимых движений не-

бесных светил; замкнутая поверхность, все точки которой одинаково удалены от общей точки – центра сферы;

2) общественное окружение, среда, обстановка;

3) область действия или деятельности, пределы распространения (например, сфера влияния).

Как видно из разъяснений словаря слов вначале выделяется бесконечное (воображаемое) множество свойств (видимое движение небесных тел), затем уточняется свойством «шаровая поверхность», далее устанавливается признак «произвольный радиус» и предназначение для определения количественного поиска параметра «взаимное расположение небесных светил».

Развитие проявлений понятия «сфера» в практической жизнедеятельности утверждается в научном термине «сферический»: сферическая геометрия, сферическая тригонометрия, сферическая астрономия. Наконец, метрическая система утверждает единицы измерения: стерадиан и радиан как величины дополнительные к основным величинам (длина, масса, время, сила электрического тока, термодинамическая температура, количество вещества, сила света). Особенность дополнительных величин и единиц их измерения состоит в том, что единицы углов не зависят от размеров длины, вследствие чего они одинаковы в различных системах метрологических единиц. Этим объясняется принадлежность углов к относительным, то есть безразмерным величинам, и тем, что размер их единиц зависит только от выбора модели и описывающего ее уравнения. Но на нем не может сказаться размер единиц, принятых для характеристических параметров модели, поскольку в числитель и знаменатель определяющего уравнения входят однородные величины, и их единицы сокращаются. В самом деле, из определения плоского угла, измеряемого единицей, названной радиан, следует: радиан (лат. *radius* луч) – центральный угол, соответствующий дуге, длина которой равна ее радиусу. Если дугу окружности выразим количественно в метрах и разделим на величину радиуса, выраженного количественно в метрах, получим единицу безразмерную, поскольку в числитель и знаменатель определяющего уравнения входят однородные величины и их единицы сокращаются.

В основах квалиметрии как науки измерения качества утверждается: «Одна из первых операций, которая выполняется при комплексной количественной оценке качества, – вычисление значений относительных показателей свойств K . Но для такой операции необходимо знать значения абсолютных показателей этих свойств Q . В большинстве случаев такие показатели измеряются путем физического эксперимента с помощью приборов». (Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). М.: Экономика, 1982. 256 с. С.26).

Приведенный пример радиана и стерадиана, вошедший как единицы измерения пространства-сферы в Международную систему единиц, является до-

казательством присутствия принципа квалиметрического выражения свойств качества объектов внимания. Одним из первичных элементов машин принята деталь (фр. detail подробность, частность, мелочь), которая все свои свойства, образующие ее качества, проявляет, прежде всего, как геометрическая форма в пространстве, и может быть исследована квалиметрическими методами в структуре унификации по кодам, классам, подклассам, группам, подгруппам, видам, подвидам и оригиналам.

В действующей системе конструкторско-технологической деятельности создана универсальная система классификации деталей машин, названная «Классификатор изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения» (Классификатор ЕСКД). Он является информационной основой Единой обезличенной системы обозначения изделий и конструкторских документов, устанавливаемой ГОСТ 2.201-80 (2009). Классификатор обеспечивает:

- **создание** единого информационного языка для автоматизированных систем управления (АСУ) и тематического поиска изделий и конструкторских документов, предотвращая разработки аналогов;
- **определения** объектов и направлений унификации и стандартизации;
- **использование** организациями и предприятиями конструкторской документации, разработанной другими предприятиями без ее переоформления при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте изделий;
- **внедрение** средств вычислительной техники в сфере проектирования и управления в Интегрированной корпоративной информационной системе предприятия (ИКИСП);
- **применение** кодов деталей по классификатору ЕСКД совместно с технологическими кодами при решении задач типизации технологических процессов производства деталей;
- **унифицированную** базу для квалиметрического анализа производства деталей, сборочных единиц, машин, агрегатов, комплексов и комплектов.

Классификатор ЕСКД выделяет: общемашиностроительные классы, например: 04 – оборудование для обработки резанием, прессовое, литейное и сварочное, механическое; 30 – сборочные единицы общемашиностроительные и т.д.

Важным для первичного квалиметрического анализа является классификация деталей по классам:

71 – детали – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.;

72 – детали – тела вращения с элементами зубчатого зацепления: трубы, шланги, проволочки, разрезные, секторы, сегменты; изогнутые из листов, полос и лент; аэрогидродинамические; корпусные опорные, емкостные; детали подшипников;

73 – детали – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные;

74 – детали – не тела вращения: плоскостные, рычажные, грузовые, тяговые; аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос и лент; профильные; трубы;

75 – детали – тела вращения и (или) не тела вращения кулачковые, карданные, с элементами зацепления, арматуры, санитарно-технические, разветвленные, пружинные, ручки, уплотнительные, отчетные, пояснительные, маркировочные, защитные, посуда, оптические, электрорадиоэлектронные, крепежные;

76 – детали технологической оснастки, инструмента.

Перечисленные разнообразные факторы, подведенные под цифровые унифицированные номера классов, являются реальным свидетельством присутствия в производственной системе и проектной деятельности принципов **квалиметрии** и ее методов количественного выражения совокупности свойств качества через **комплексные, определяющие и интегральные** показатели.

Развитие классификационных кодов ЕСКД до уровня вида, выражаемых шестизначным кодом, позволяет определять единичные квалиметрические показатели и их параметры в оригиналах деталей.

6.3. Факторы и признаки унификации геометрической формы деталей

Для процедур унификации деталей базовым постулатом будет положение о том, что все разнообразие геометрических форм деталей можно получить из тела шара. Или: вокруг любой геометрической формы можно построить сферу, включающую в себя все точки этой геометрической формы без остатка.

Понятие «сфера» в реальной действительности отображается геометрической формой тела, названной «шар» – геометрическое тело, получающееся вращением круга вокруг своего диаметра. Шар ограничен сферой, центр этой сферы называется центром шара, а ее радиус – радиусом шара. Объем шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, площадь его поверхности $S = 4\pi R^2$, где R – радиус шара.

Изображение шара в декартовых координатах позволяет выделить 6 однозначных круговых плоскостей, каждая из которых представлена одними и теми же численными параметрами свойств: координатами X, Y, Z, R , площадью.

Примечательным является свойство полной симметрии. Симметрия (от др.греч. *σῑμμετρία* соразмерность, надлежащая пропорция) – 1) гармония, соразмерность; 2) неизменность (инвариантность) структуры, свойств, формы вещественного объекта при изменении каких-либо физических условий; 3) свойство геометрических фигур: плоская или пространственная фигура симметрична относительно прямой (оси симметрии) или плоскости (плоскости

симметрии). Понятие симметрии без изменения ее сути можно преобразовать в понятие «симметричность». Если преобразования симметрии одного из 6 круговых плоскостей шара обозначим $\alpha_{k1} = 1$, то в силу их конгруэнтности (лат. *congruentis* соразмерный, совпадающий, соответствующий; совмещающийся при наложении) симметричности всех плоскостей шара будут равны и однозначны, то есть $\alpha_{k1} = \alpha_{k2} = \alpha_{k3} = \alpha_{k4} = \alpha_{k5} = \alpha_{k6}$. Отсюда следует простой вывод о среднеарифметическом значении симметричности шара в пространственных преобразованиях симметрии

$$\alpha_{\text{шара}} = \frac{\alpha_{k1} + \alpha_{k2} + \alpha_{k3} + \alpha_{k4} + \alpha_{k5} + \alpha_{k6}}{6\alpha_k} = 1,00.$$

Любая геометрическая форма тела, вписанная в шар, но отличная от шара, будет иметь геометрическую симметричность меньшую от симметричности шара:

$$\alpha_{i \text{ гф}} < \alpha_{\text{гш}} = 1,00.$$

Изложенное позволяет утверждать о правомерности признания **свойства симметричности геометрической формы деталей одним из существенных факторов унификации деталей машин по их геометрической форме.**

Любая геометрическая форма тела, анализируемая в декартовой системе координат, изображается точками и линиями (общими частями двух смежных областей поверхности). В аналитической геометрии линии на плоскости выражаются уравнениями между координатами их точек. В прямоугольной системе координат линии разделяются в зависимости от вида уравнений. Если уравнение линии имеет вид $F(x, y) = 0$, где $F(x, y)$ – многочлен n -й степени относительно x, y , то линия называется алгебраической кривой n -го порядка. Линия первого порядка есть прямая. Конические сечения относятся к линиям 2-го порядка. Примерами неалгебраических линий являются графики: тригонометрических функций, логарифмических функций, показательных функций.

Взаимное расположение прямолинейных и криволинейных поверхностей, образующих в своей совокупности геометрическую форму тела, в прямоугольной системе координат фиксируется в виде размерной цепи, которая в машиностроении представляет ряд расположенных в определенной последовательности по замкнутому контуру линейных и угловых размеров, определяющих взаимное расположение поверхностей деталей, деталей в узле или узлов в машине. Размерные цепи позволяют установить рациональную систему расстановки размеров деталей на чертежах и оптимальные допуски из условий полной взаимозаменяемости конструкции.

Все виды размеров, проставляемых на чертежах, имеют свои особенные условные обозначения, например, линейный размер обозначен $|\overleftrightarrow{a}|$, диаметр

$\varnothing d$, угол $\angle \alpha$ и т.д. Применяя определенный метод приведения всех кривых n -го порядка к линии первого порядка, то есть к прямой, можно все представленные на чертежах размеры количественно выразить условно-приведенным количеством линейных размеров. Кроме того, в размерной цепи одни размеры выражают наружные поверхности, другие внутренние, скрытые от визуального доступа к измерениям. Они создают большую трудность для анализа и измерений и, следовательно, обладают свойством в некоторой степени отличным от наружных поверхностей.

Исходя из методологических принципов измерения сложности объектов материального мира, изложенных ранее (п.3.4), возможно объединить факторы геометрической формы деталей (симметричность, количество разнообразия размеров) в общий фактор унификации: сложность геометрической формы деталей, количественно выражаемый функцией $C = f(\alpha, U)$ и последующим расчетом сложности геометрической формы по формуле

$$C = \ln U \cdot e^{\frac{U_v}{U} - \alpha}, \quad (6.1)$$

где U – количество разнообразных размеров в размерной цепи чертежа, приведенных к линейному измерению; U_v – количество разнообразных размеров в размерной цепи чертежа, представленных во внутренних полостях детали, приведенных к линейному измерению; α – симметричность геометрической формы детали.

Параметр сложности геометрической формы детали становится одним из существенных показателей качества конструирования, технологической рациональности производства и эксплуатации изделий машиностроения. **Сложность геометрической формы, выраженная числом, входит в систему квалиметрических показателей (параметров) проектной деятельности.**

6.4. Унификационная характеристика вещественного содержания геометрической формы деталей

Совокупность отличительных свойств и признаков предмета в исследовательской деятельности названа древнегреческим словом $\chi\alpha\rho\alpha\kappa\tau\eta\rho$ – признак, особенность. В проектной деятельности смысловое значение приобретает вещественное наполнение геометрической формы детали. Конструирование детали без назначения материала, из которого ее необходимо изготовить, становится малосодержательным и бесцельным. Поэтому конструктору предоставлено право выбора вещественного содержания геометрической формы детали. В его распоряжении имеется большой выбор информационных характеристики материалов ранее добытых трудовой деятельностью человечества.

В проектной деятельности главная целевая функция – это обеспечение прочности, то есть способности материала сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы при действии внешних нагрузок. Прочность твердых тел обусловлена, в конечном счете, силами взаимодействия между атомами, составляющими тело. Прочность зависит не только от самого материала, но и от вида напряженного состояния (растяжение, сжатие, изгиб и др.), от условий эксплуатации (температура, скорость нагружения, длительность и число циклов нагружения, воздействие окружающей среды, состояние поверхности и т.д.). В зависимости от всех этих факторов в проектировании материала деталей (вообще в технике) приняты различные меры прочности: предел прочности, предел текучести, предел усталости и другие. Повышение прочности материалов одна из важнейших задач конструирования техники и управления проектной деятельностью.

На заре становления метрологии как науки и практики применения ее измерительных процедур было закреплено понятие «плотность вещества» и его количественное выражение. Единицей измерения приняли отношение массы воды при 4°C к ее объему в 1 дм³. Если учесть основной постулат международной системы единиц, который установил единицу измерения массы вещества 1 кг, равный массе 1 литра = 1 дм³ воды при 4°C, то плотность воды в механике принята равной единице. Величина плотности всех других веществ будет отлична от плотности воды. Все тела, которые в воде не тонут, имеют плотность меньше единицы; если тела в воде тонут – плотность имеют больше единицы. Приведенный самый простой житейский опыт стал основой всех измерительных процедур в разделении всех физических тел по их вещественному признаку качества.

Следовательно, квалиметрия – измерение качества присуща человеку со дня его становления познающим субъектом.

Общепризнанная шкала плотности вещества, выраженная в кг/м³ обеспечивает унификацию всех тел, имеющих установившуюся геометрическую форму. Однако раскрытие содержания составных элементов вещества изучаемого тела потребовало создания методологии теплоты, физической химии и молекулярной физики, электричества и магнетизма, света, акустики, ионизирующих излучений, атомной и ядерной физики. Таким образом, исследовательская (проектная) деятельность человечества, начав с плотности вещества, раскрывает все новые явления внутри «плотности» и конструирует взаимосвязанное множество шкал измерения свойств и единиц измерения качественных признаков.

Имеются своеобразные шкалы, среди которых практически значимыми и используемыми для изучения свойств материалов можно выделить:

– в ювелирном деле **карат** – метрический карат равен 200 мг = $2 \cdot 10^{-4}$ кг; то же самое: мера содержания золота в сплавах 1/24 массы сплава (британский карат золота). Чистое золото соответствует 24 каратам;

– мооса шкала – минералогическая шкала твердости, набор эталонных материалов для определения относительной твердости методом царапания; в качестве эталонов приняли 10 минералов, расположенных в порядке возрастания твердости: 1 – тальк, 2 – гипс, 3 – кальцит, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз (предложено в 1811 г. немецким минералогом Ф. Моосом);

– в машиностроении для измерения твердости разработаны шкалы твердости по Бриннелю (вдавливание шарика) и по Роквеллу и Виккерсу (вдавливание пирамидки). Эти методы стали общепризнанными для изучения прочностных свойств поверхностей деталей машин.

Изучение принципов, методов и единиц измерения, применяемых в исследовательской и проектной деятельности для количественного представления разнообразных свойств материалов и признаков их проявления и фиксирования их в параметрах дает основание утверждать: **все шкалы имеют общность в том, что по ним количественно определяют качество, то есть все они подпадают под название шкал квалиметрии.**

Принципы и методы квалиметрии стали достоянием научной среды в 1968 году (статья в журнале «Стандарты и качество»), затем в ГОСТ 15647-79 утвержден термин квалиметрия – как область науки, изучающей качество количественными методами. В связи с этим для проектной деятельности в отрасли машиностроения предложена шкала плотности материала с базовым значением квалиметрической плотности $K_p = 1,00$ для конструкционной стали с плотностью материала по шкале дистиллированной воды $P = 7,85 \text{ г/см}^3$. В работе «Контроль технической документации» (Балабанов А.Н. М.: Изд-во стандартов. 1988. С.147-152) приведена шкала, включающая более 130 материалов с коэффициентами качества по плотности конструкционной стали. Эта шкала может быть полностью использована в квалиметрическом анализе производства деталей машин.

6.5. Квалиметрические понятия в типизации технологических процессов производства изделий

Рекомендации Р50-54-93-88 устанавливают методические положения по классификации, разработке и применению технологических процессов при подготовке производства изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации (в дальнейшем изделий и деталей) с учетом рациональных областей применения конкретных видов технологических процессов при организации нового и совершенствования действующего производства.

В соответствии с требованиями Федерального закона №172-ФЗ от 25 июня 2014 г. «О стратегическом планировании в Российской Федерации» возникают

задачи целеполагания, прогнозирования, планирования и нормативно-целевого программирования развития различных отраслей производства, которые должны решаться в соответствии с принципами стратегического планирования (статья 7). Для квалиметрического анализа производства особое значение имеют: принцип преемственности и непрерывности (ст.7.4) и принцип измеряемости целей (ст.7.1).

Технологические процессы классифицируют на основные виды по следующим признакам:

- форма организации технологического процесса, определяемая числом охватываемых предметов производства или их конструкторских элементов;
- освоенность технологического процесса того или иного вида, определяемая формой его организации в конкретных производственных условиях. (Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. М.: Машиностроение. 2001. С.372).

В соответствии с изложенными признаками в зависимости от формы организации технологического процесса различают три его вида: единичный, типовой, групповой.

В зависимости от освоенности производства различают два вида технологического процесса: рабочий и перспективный.

Для обобщения и структурного представления приведена принципиальная классификация технологических процессов (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Принципиальная классификация технологических процессов

Нормативно-справочными требованиями установлена последовательность этапов разработки технологических процессов с учетом форм организации процессов (единичные, типовые, групповые).

Для осуществления проектных задач необходима исходная информация, которую подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация содержит данные, имеющиеся в конструкторской документации на изделие (деталь), программу выпуска, определяющую тип, производство (опытно-экспериментальный, единичный, мелкосерийный, серийный, крупносерийный, массовый).

Исходная информация, являясь базовой в проектной работе, создает основу для квалиметрического анализа технологии производства деталей на обобщении признаков всех видов: единичного, типового, группового. При этом необходимо исходить из методологических принципов квалиметрии, а именно:

- стандартизованный термин «единичный технологический процесс» расширяется до понятия «технологический процесс изделия аналога»;
- термин «типовой технологический» обобщается понятием «квалиметрически типовой технологический процесс»;
- термин «групповой технологический процесс» справочником разъясняется через понятие «комплексное изделие», которое может быть: одним из изделий группы реально существующим, но отсутствующим в группе, искусственно созданным (условным); принципы квалиметрии (ГОСТ 15467-79 (2009)) позволяют рассматривать комплексное изделие как квалиметрически исчисленное (квалиметрически обобщенное) изделие.

Для производственного обобщения без искажения сущности измерения качества, стандартно определенного латино-греческим термином квалиметрия, можно использовать:

- **квалидеталь** – условно-приведенная деталь к базовой детали-аналогу методами квалиметрии;
- **квалианалог** – изделие (деталь), принятое за базу квалиметрического анализа и измерения;
- **квалитехпроцесс** – технологический процесс производства изделий (деталей), рассматриваемый с помощью методов квалиметрического анализа;
- **квалитип техпроцесса** – технологический процесс производства квалиметрически обобщенной типовой группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками;
- **квалигруппа техпроцесса** – групповой технологический процесс, квалиметрически обобщенный на комплексное изделие.

Объекты квалиметрического анализа в технологическом проектировании можно называть: квалидеталь, квалианалог, квалитип, квалигруппа, кваликомплекс.

6.6. Технологичность конструкции изделия

В Российской Федерации в советский период управления народным хозяйством действовала обязательная Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), включающая в себя 54 отдельно выделенных стандартов, объединенных в пять групп: ГОСТы 14.0-73 – Общие положения; ГОСТы 14.1-73 – Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства; ГОСТы 14.2-83 – Правила обеспечения технологичности конструкций изделий; ГОСТы 14.3-73 – Правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения; ГОСТы 14.4-73 – Правила применения технологических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ.

Совокупность требований, правил, алгоритмов их обеспечения, изложенные в Единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП), взаимоувязана с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Совместное (обязательное) их применение является основой в общеинженерной проектной деятельности. Обязательное соблюдение требований ЕСКД и ЕСТПП – профессиональный долг проектировщиков – конструкторов, технологов, нормоконтролеров, менеджеров производства.

В современной системе управления проектами стандарты ЕСКД и ЕСТПП актуализированы постановлением правительства Российской Федерации как обязательные для профессиональной деятельности конструкторско-технологических организаций и учреждений.

Для проектной деятельности наиболее важной частью ЕСТПП являются стандарты группы 14.2 «Правила обеспечения технологичности конструкций изделий».

ГОСТ 14.201-83 (2009). Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность.

ГОСТ 14.202-83 (2009). Правила выбора показателей технологичности конструкции изделия.

ГОСТ Р 50-54-11-87 (ГОСТ 14.203-83 (2009)). Правила Обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц.

ГОСТ Р 50-54-11-87 (ГОСТ 14.204-83 (2009)). Правила обеспечения технологичности конструкции деталей.

Созидателями проектов и воплощателями в общественную жизнь требований стандартов ЕСТПП являются профессиональные проектировщики: конструктор, технолог, стандартизатор (нормоконтролер). Краткая характеристика этих профессий определена тарифно-квалификационными требованиями.

Конструктор (от лат. construction построение) – лицо, занимающееся разработкой и расчетом машин, механизмов, сооружений или отдельных их частей.

Технолог (др. греч. *τεχνη* искусство, ремесло, наука + логия) – специалист в той или иной области технологии, то есть знаток-умелец совокупности методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств и формы сырья, материала или полуфабриката.

Стандартизатор-нормоконтролер, лицо, уполномоченное за соблюдением правил, установленных стандартами (англ. *standart*): норма, образец, мерило, основа, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними других подобных объектов. Технологический контроль проводится в соответствии с ГОСТами, при котором проверяют соответствие разрабатываемой конструкции изделия с требованиями ее технологичности.

Взаимосвязь главных проектировщиков структурно можно представить простой кибернетической схемой (рисунок 6.2).

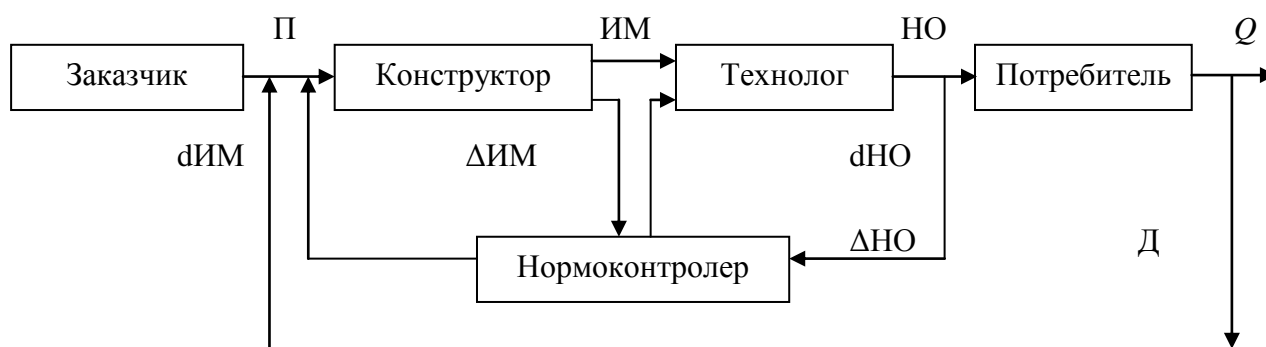


Рисунок 6.2 – Структура взаимосвязей главных проектировщиков изделия,

где П – изделие с потребительскими свойствами, определенными заказчиком; ИМ – информационная модель – проект, передаваемый для конструкторской разработки и технологического процесса; НО – натурный образец изделия, полученного в соответствии с конструкторской документацией в опытно-экспериментальном производстве; Q – оценка потребительских свойств опытного образца представителем заказчика; Д – результаты экспериментальных испытаний опытного образца изделий, выраженные количественно через функцию желательности; ΔИМ, ΔНО, dИМ, dНО – взаимный обмен информацией по состоянию соблюдения стандартизованных требований конструктором, технологом, заказчиком через нормоконтролера.

Последовательность этапов технико-экономического проектирования, исходя из требований ЕСТПП, ЕСКД и ЕСТД может быть представлена структурно в виде таблицы 6.1.

Разработчик в соответствии с планом-графиком проектирования технического предложения, эскизного и технического проектов представляет проектную конструкторскую документацию специалистам-технологам разработчика и изготовителя.

Таблица 6.1 – Этапы технико-экономического проектирования

№№ этап ов	Наименование этапа и краткое содержание проектных задач	Технико-экономический анализ	Квалиметрические показатели
1	2	3	4
I	Планирование разработки. Техническое предложение		
	<p>Изучение тенденций и прогнозирование развития техники на основе квалиметрического анализа выбранных аналогов.</p> <p>Анализ технической целесообразности и возможности разработки новой техники исходя из квалиметрических аналогов, их производственных, ресурсных и прогнозируемых потребностей.</p> <p>Разработка общих технико-экономических требований к проектируемому изделию в сопоставлении с квалиметрическими показателями аналогов; представление заказчику.</p>	<p>Исследование потребности в изделии с проектными квалиметрическими показателями, определение объемов производства.</p> <p>Инженерно-квалиметрическое обоснование целесообразности разработки.</p> <p>Технико-экономическое обоснование квалиметрических показателей технологичности конструкции изделия.</p>	<p>Показатель сложности кинематической схемы.</p> <p>Количество деталей в изделии, шт.</p> <p>Количество деталей в изделии, квалишт.</p> <p>Показатели унификации и типизации деталей в изделии в квалиметрических единицах.</p> <p>Показатели технологичности конструкции изделия: удельные значения трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, себестоимости опытного образца.</p>
II	Разработка концепции. Эскизный проект		
	<p>Поиск и отбор принципиальных решений, удовлетворяющих техническим требованиям.</p> <p>Анализ вариантов структуры проектируемого изделия и выбор наиболее предпочтительного варианта.</p>	<p>Информационно-патентный поиск дополнительных аналогов. Сопоставительный анализ инженерно-квалиметрических показателей, принятых на начальном этапе</p> <p>Контроль документации.</p>	<p>Расчет интегральных квалиметрических показателей по принятым аналогам. Сопоставительный анализ показателей технологичности конструкторских решений.</p>
III	Разработка конструкции. Технический проект		
	<p>Создание конструкторской документации по ЕСКД. Анализ составных частей изделия требованиям технического обслуживания и ремонта.</p> <p>Определение кооперационных технологических взаимосвязей.</p>	<p>Составление спецификации составных частей изделия.</p> <p>Выявление важности применения покупных, стандартных, унифицированных и освоенных производством составных частей изделия.</p> <p>Технологический контроль документации.</p>	<p>Расчет квалиметрических показателей деталей, входящих в спецификацию конструкции изделия.</p> <p>Определение показателей унификации, стандартизации и типизации деталей.</p> <p>Уточнение квалиметрических показателей конструкции изделия.</p>

1	2	3	4
IV	Разработка конструкторско-технологической документации. Производство опытного образца		
	<p>Передача рабочих чертежей конструкции изделия в опытно-эксплуатационное производство.</p> <p>Подготовка маршрутных технологических процессов.</p> <p>Определение структуры взаимосвязей для опытного производства по оборудованию, технологической оснащенности, энергообеспечения, материальных ресурсов, кооперационных схем сопряженных изготовителей опытной партии.</p>	<p>Анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разборок.</p> <p>Определение экономической целесообразности методов получения заготовок.</p> <p>Проверка соответствия заданий точности изготовления изделия техническим данным средств технологического оснащения.</p> <p>Проверка возможности контроля технического состояния, диагностирования, доступа к составным частям при изготовлении, обслуживании и ремонте.</p> <p>Анализ технологичности опытного образца.</p> <p>Корректировка и технологический контроль конструкторской документации.</p>	<p>Расчет квалитметрии сборочных единиц.</p> <p>Уточнение квалитметрии деталей.</p> <p>Расчет квалитметрических параметров технологической оснащенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – приспособлений; – режущего инструмента; – штампов и пресформ; – мерительного инструмента. <p>Вычисление показателей технологичности конструкции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – деталей; – сборочных единиц; – комплекта; – комплекса; – технологической оснастки; – заготовок (литья, поковок, штамповок, проката, металлокерамики и др.).

Совместная проработка специалистами (может быть с привлечением специализированных технологических организаций) позволяет уточнить и скорректировать параметры первой стадии технологической проработки по следующим направлениям:

- квалитметрический анализ сформированных при проектировании конструкторско-технологических решений с применением показателей технологичности, сроков реализуемости в производстве и коэффициентов конкурентоспособности;

- выявление определяющих проблемных задач производства опытного образца (точности размеров изготовления, контрольных процессов, прочности и надежности материалов, обеспеченности оборудованием и технологической оснасткой);

– проверка комплексности расчетов показателей технологичности конструкции изделия и сравнительное сопоставление с технологичностью конструкции изделия-аналога.

При выявлении и обосновании перечисленных задач необходимо придерживаться рекомендаций «Типовой схемы организации технологической подготовки производства». (Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение. 2001. Том 1. С.880).

6.7. Показатели технологичности конструкции изделия

В соответствии со стандартом Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) технологическая наука выработала соответствующую классификацию и номенклатуру показателей технологичности конструкции изделий (ТКИ). При этом отмечается, что ТКИ выражает не функциональные свойства изделия, а его конструктивные особенности. Конструкцию изделия характеризуют в общем случае состав и взаимное расположение его составных частей, схема устройства изделия в целом, форма и расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы и информационная выразительность. Поэтому для изделия следует применять термин «технологичность конструкции изделия». (Там же. С.866).

Рекомендуемый состав ТКИ представляет собой совокупность показателей рациональности конструкции изделия, преемственности конструкции, ресурсоемкости (трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, информационности и т.п.). Показатели ресурсоемкости рекомендуется распределять по областям проявления технологичности: производственная ТКИ, эксплуатационная ТКИ, ремонтная ТКИ, общая ТКИ.

Для количественного представления показателей ТКИ по видам исчисления автор матричной схемы Ю.П. Амиров перечисляет следующие виды:

1. Трудоемкость:

- а) подготовки производства изделия – $T_{т.п.п.}$;
- б) изготовления изделия – $T_{и}$;
- в) эксплуатации изделия – $T_{э}$;
- г) ремонта изделия – $T_{р}$;
- д) общая изделия – $T_{ту}$.

2. Материалоемкость:

- а) изготовления изделия – $M_{и}$;
- б) эксплуатации изделия – $M_{э}$;

- в) ремонта изделия – M_p ;
- г) общая изделия – $M_{уд}$.

3. Энергоемкость:

- а) изготовления изделия – $\mathcal{E}_и$;
- б) эксплуатации изделия – $\mathcal{E}_э$;
- в) ремонта изделия – $\mathcal{E}_р$;
- г) общая изделия – $\mathcal{E}_{уд}$.

4. Хроноёмкость (временёмкость):

- а) подготовки производства изделия – $\tau_{и}$;
- б) эксплуатации изделия – $\tau_э$;
- в) ремонта изделия – τ_p ;
- г) общая изделия – $\tau_{уд}$.

5. Ресурсоёмкость:

- а) подготовки производства изделия – $C_{и}$;
- б) эксплуатации изделия – $C_э$;
- в) ремонта изделия – C_p ;
- г) общая изделия – $C_{уд}$.

Для проектной деятельности выделен термин **управление качеством** продукции – действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества. Следовательно, необходима методология количественного анализа совокупности свойств, определяющих качество продукции. Такое методологическое направление может быть названо: **инженерно-квалиметрический** метод анализа производства деталей машин. Инструментарием такого метода будут единицы измерений Международной системы единиц и специфические квалиметрические единицы, отражающие особенности конструкции и технологии производства деталей. Такими специфическими единицами предлагаются квалиметрические единицы: сложности конструкции детали (K_{ϕ}), материала детали (K_m), массы детали (K_m), шероховатости поверхности детали (K_R), технологических особенностей изготовления детали ($K_{то}$) и комплексный квалиметрический показатель производства детали (K_o), который является количественным параметром для расчетов сборочных единиц и комплекта их, составляющих структуру самой машины.

Величина ресурсоёмкости по каждому выделенному ресурсу количественно выразится формулой:

$$C_{уд} = \frac{C_i}{K_{oi}}, \quad (6.2)$$

где C_i – количество использованного i -го вида ресурса на производство i -го изделия; K_{oi} – квалиметрический показатель i -го изделия.

Как следует из формулы, ресурсоемкость представляет удельную величину, получаемую делением количества израсходованного данного ресурса на величину качественной характеристики (квалиметрии) производства изделия.

Изложенные здесь принципы позволяют утверждать: **в инженерно-квалиметрическом методе анализа изделий машиностроения емкостью (хранилищем) производственных ресурсов является деталь с ее комплексным (общим) квалиметрическим показателем, рассчитываемым как произведение единичных квалиметрических параметров различных ресурсов, использованных в изготовлении деталей.**

Глава 7. Квалиметрический анализ кинематики машин

Различные орудия трудовой деятельности человека в общественной жизни названы машинами (лат. machine сооружение) и механизмами (др.-греч. μηχανή орудие). Соединение латиногреческих слов позволило создать вполне стройное научно-практическое направление названное **машиноведением**. Обобщающим понятием в нем является машина: устройство, выполняющее механические движения для преобразования **энергии, материалов, информации**.

Для устройства сооружений (машин) необходимо знать законы и методы их практического применения. С этой целью разработана и применяется совокупность взаимосвязанных научных положений, названных **механика** (др.-греч. μηχανική искусство построения машин). Изучение разнообразия взаимодействий в преобразователях веществ, энергии, информации возможно выполнять через разделы науки механики: теоретическую механику, теорию механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин, квантовая механика. Создана стандартная система прикладной механики, в которой излагаются методы исследования пространственных перемещений тел, то есть изменения во времени взаимного положения тех или иных частей в пространстве. С этой целью введены понятия **кинематика, статика и динамика**.

Кинематика (<др.-греч. κίνημα (κίνηματος) движение) область механики, исследующая геометрические свойства движения тел без учета их массы и действующих на них сил.

Статика (др.-греч. staticή) состояние покоя или равновесие; область механики, исследующая условие равновесия тел под действием сил.

Динамика (др.-греч. δυναμικός имеющий силу) область механики, исследующая движение тел в зависимости от действующих на них сил.

7.1. Квалиметрические параметры кинематических схем

Кинематическая **схема** – это схема, на которой с помощью условных обозначений изображаются звенья механизма и кинематические пары с указанием размеров, необходимых для кинематического анализа.

Кинематическая **пара** – соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение. Поверхности, точки, линии, которыми звено может соприкасаться с другим звеном, называются элементами **звена**.

Кинематическая **цепь** – связанная система звеньев механизма, образующих между собой кинематические пары.

Подвижность звена кинематической пары. Из базовых понятий кинематики следует, что первичным элементом в кинематическом анализе машины

принято звено. Следовательно, оно становится первичным объектом для инженерно-квалиметрического анализа кинематических схем. В учебниках утверждается: «Механизм представляет собой связанную систему тел – частей механизма, движущихся как единое целое. Каждое такое тело называют **звеном**». (Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика. М.: Высшая школа. 1989. 351 с. С.7). В зависимости от конструкции звено может быть простым, то есть выполненным без применения сборочных операций, или сложным (составным). В таком случае, простое звено и отдельные элементы сложного звена называют **детальями**.

Отсюда следует важный методологический тезис: звено есть деталь машины в ее инженерно-квалиметрическом представлении с совокупностью свойств, определяющих качество первичной структурной единицы машины. Следовательно, кинематические параметры детали в определенной системе обобщения можно идентифицировать (отражать) квалиметрическими параметрами звеньев.

Характерными свойствами звеньев как объектов кинематики являются виды движений, которые принимаются в основу изучения всех взаимосвязей в кинематической цепи. В свое время Монж (Monge) Гаспар (1746-1818 гг.), французский математик и инженер, создатель науки начертательной геометрии, утверждал: «Мы понимаем под элементами машины приспособления, с помощью которых можно получать из движения одного вида движения другого вида, преобразуя таким образом движение по прямой во вращательное и возвратно-поступательное. Ясно, что самые сложные машины являются только результатом комбинаций некоторых из этих первичных приспособлений, а, следовательно, надо лишь позаботиться о том, чтобы перечисление последних было полным».

Изложенные положения позволяют изобразить множество движений в системе осей координат.

В соответствии с обозначениями видов движений (рисунок 7.1) построим табличное описание значений символов:

- $x (-x)$ – возвратно-поступательные линейные движения вдоль оси X ;
- $y (-y)$ – возвратно-поступательные линейные движения вдоль оси Y ;
- $z (-z)$ – возвратно-поступательные линейные движения вдоль оси Z ;
- $x_y (y_x)$ – возвратно-поступательные вращательные движения точек плоскости XY вокруг оси Z ;
- $x_z (z_x)$ – возвратно-поступательные вращательные движения точек плоскости XZ вокруг оси Y ;
- $y_z (z_y)$ – возвратно-поступательные вращательные движения точек плоскости YZ вокруг оси X .

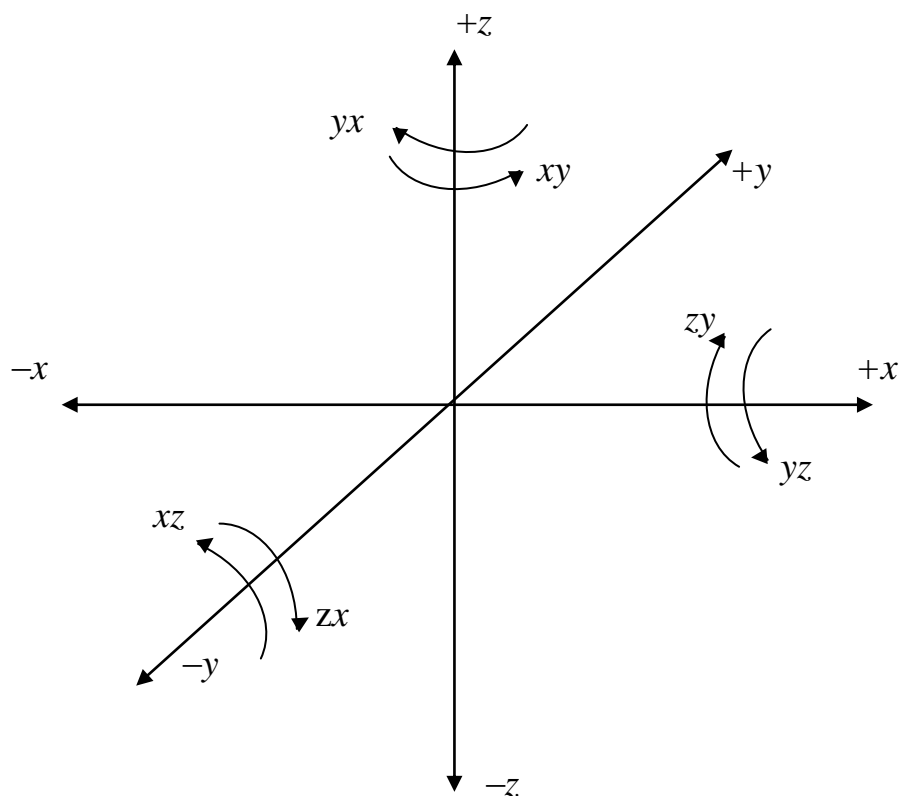


Рисунок 7.1 – Схема осей координат для расчета уровня подвижности кинематических пар

Метод исследования **сложности** явлений и процессов можно определить как **информационно-квалиметрический** метод количественного представления сложности. Применительно к количественному анализу движений звеньев и кинематических пар принято положение о том, что всякое линейное движение (L_i), если оно присуще рассматриваемому телу, принимается равным единице, то есть $L_1(+x, -x)$; $L_2(+y, -y)$; $L_3(+z, -z)$. Вращательное движение рассматривается как линейное движение, описываемое точкой при вращении ее в плоскости на угол в 90° . Отсюда принимается значение вращательного движения по отношению к линейному $A = 1,57$. В науке принято: радиан – это плоский угол, для которого соответствующая длина дуги равна радиусу (обозначение: рад). Дуга, длина которой равна радиусу, имеет градусную меру $57^\circ 17' 44,8''$. Длина дуги угла 90° имеет длину 1,570796 радиуса. Значение A можно получить и в угловом соотношении, если разделить 90° на угол, равный одному радиану, то есть $A = 90^\circ / 57^\circ 17' = 1,574252$.

Рассмотрим с изложенных позиций шар (сферу), свободно движущийся (парящий) в пространстве, определенном прямоугольными осями координат. В этом случае наблюдатель сможет зафиксировать все выделенные в изложенной концепции виды движений.

+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy	Сумма разнообразия
1	1	1	1	1	1	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	15,42

Подвижность всякого звена, находящегося в кинематической связи с другим звеном (в кинематической паре) не может достигнуть разнообразия, равного 15,42.

Для плавного движения звеньев механизма необходимо постоянное соприкосновение элементов звеньев, образующих кинематические пары. Элементом звена являются поверхности, линии, точки каждого звена пары, по которым оно может соприкасаться с другим звеном кинематической пары. Это понятие позволяет разделить кинематические пары на низшие и высшие, в соответствии с комплексом разнообразия движения. Следовательно, определенность движения звеньев является основным свойством механизма, поэтому необходимо выбрать независимые параметры, характеризующие положения остальных звеньев, а затем и всего механизма в целом. Такие параметры в механике называются обобщенными координатами. Обобщенной координатой механической системы (механизма) называется каждый из независимых друг от друга параметров, однозначно определяющих соответствующее им положение этой системы относительно неподвижной системы координат.

Степень свободы кинематической пары. В механике общепризнано определение степени свободы как независимого движения, возможного для данной механической системы. Свободная материальная точка имеет три степени свободы, так как она может независимо двигаться вдоль любой из трех взаимно-перпендикулярных осей координат. Свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы. Из них три степени свободы соответствуют поступательному движению тела со скоростью какой-либо точки C тела (обычно, его центра масс), а остальные три – вращательному движению тела вокруг точки C как около неподвижного центра. Наложение на систему механических связей приводит к уменьшению числа ее степеней свободы.

Базовым понятием становится определение: **«Механизм – система тел, предназначенных для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других твердых тел»**. Формирование механизма, то есть соединение отдельных его частей, осуществляется с помощью кинематических пар – соединений (сопряжений) двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение.

По числу наложенных условий связи (или степеней подвижности) на относительные движения звеньев, кинематические пары делят на классы (предложено академиком И.И. Артоблевским). Для свободного тела в пространстве

число степеней свободы (подвижности) равно шести, при степени свободы, равной нулю, кинематической пары не существует, она превращается в неподвижное звено.

Примеры сравнительного изучения кинематических пар по методологии И.И.Артоболевского и информационно-квалиметрическому методу, идентичны по сущности. Однако количественное представление по числу условий связи и классам (I, II, III, IV, V) степеней свободы кинематические пары не однозначны. В таблице 7.1. примеры кинематических пар наглядно демонстрируют такой вывод: кинематические пары поступательные, вращательные и винтовые по Артоболевскому, относятся к V классу степени свободы с числом условий связи равным пяти. Расчет сложности по информационно-квалиметрическому методу количественно выражает их существенную разницу как в разнообразии движений $\sum m_i$ звеньев в декартовых координатах, так и в результирующих значениях сложности $C = \exp \frac{\sum m_i}{15,42}$. Ясно, что поступательная, вращательная и винтовая кинематические пары по своей сущности действительно разные. Эту разницу и позволяет выделить инженерно-квалиметрический метод в анализе матрицы разнообразия движений кинематических пар и количественного представления сложности их кинематики (см. таблицу 7.1).

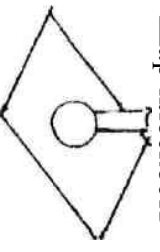
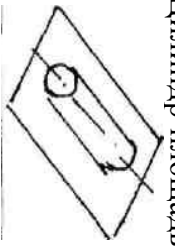
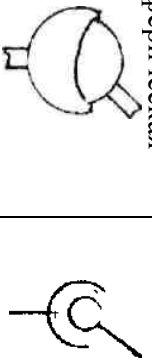
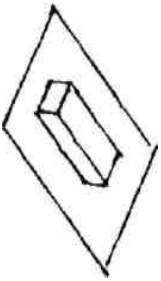
7.2. Показатель сложности кинематической схемы машины


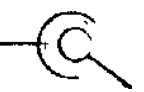
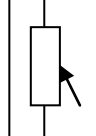
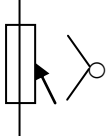

Изложенные ранее методологические принципы изучения сложности явлений позволяют внести количественные характеристики для представления сложности структурных величин кинематики машин: сложность кинематической пары, сложность механизма, сложность кинематики машины.

Рассмотрим некоторые примеры кинематических пар, основным свойством которых является определенность движения звеньев. Одним из обобщенных координат предлагается величина подвижности звеньев в кинематической паре, выражаемая суммой разнообразия движений звена, относительно ведомого звена в кинематической паре. Количественное значение разнообразия движений (подвижность звена) как было показано в предыдущем параграфе, варьирует в пределах $0 \div 15,42$. Обозначим m подвижность звена, то есть число всех возможных движений звена в кинематической паре L .

Отношение количества движений звена, приведенных к возвратно-поступательному возможному числу движений, отнесенному к максимально возможному возвратно-поступательному линейному движению $L = 15,42$, назовем степенью подвижности кинематической пары. Величину сложности движения кинематической пары выразим показательной функцией $y = e^x$, в математике называемой экспонентой.

Таблица 7.1 – Примеры кинематических пар

Класс пары	Число условий связи	Название пары/ рисунок пары	Условное обозначение по ГОСТ	Подвижность звеньев в декартовых координатах в квадратичном исчислении												Сумма подвижно-стей $\sum m_i$	Сложность пары $\sum m_i$ $C = e_{15,42}$
				+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	1	Шар-плоскость		1	1	1	1	1	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	14,42	2,55
II	2	Цилиндр-плоскость		1	1	1	1	1	0	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	11,28	2,08
III	3	Сферическая		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	9,42	1,84
III	3	Плоскостная		1	1	1	1	1	0	1,57	1,57	0	0	0	0	8,14	1,70

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IV	4	Цилиндрическая		1	1	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,40
IV	4	Сферическая с пальцем		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	6,28	1,5
V	5	Поступательная		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	1,14
V	5	Вращательная		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23
V	5	Винтовая		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,40

Применительно к идее количественного выражения сложности кинематической пары примем:

$$C = \exp \frac{\Sigma m_i}{15,42}, \quad (7.1)$$

где C – сложность движений кинематической пары; Σm_i – степень подвижности звеньев кинематической пары; \exp – основание натуральных логарифмов, принятое $e = 2,7182\dots$, тогда

$$C_{\text{кп}} = e^{\frac{\Sigma m_i}{15,42}}. \quad (7.2)$$

Минимальное значение сложности кинематики пары $C_{\text{кп}} = 1$ при $\Sigma m_i = 0$. Максимальное значение сложности кинематики пары $C_{\text{кп}} = 2,7182$ при $\Sigma m_i = 15,42$. В реальной системе механизмов сложность движения кинематических пар примет значения $C = 1 \div 2,7182$.

Сравнительное сопоставление классов кинематических пар (по И.И.Артоболовскому) и их сложности (по информационно-квалиметрическому методу) даны в таблице 7.1 «Примеры кинематических пар».

Сложность подвижности наиболее распространенных кинематических соединений механизмов. Система звеньев, соединенных с помощью кинематических пар, называется кинематической цепью. В зависимости от строения различают замкнутые и незамкнутые кинематические цепи. Таким образом, механизм – это кинематическая цепь, в которой при **заданном движении** одного или нескольких звеньев относительно любого из них, все остальные звенья **движутся определенным образом**.

Звено, относительно которого рассчитываются параметры движения (движения, перемещения, скорости и др.) называют **стойкой** (корпус, рама, станина и т.п.). В зависимости от положения в цепи различают входные и выходные звенья. Звено, которому придают движение от двигателя, является **входным** в кинематическую цепь. Реализация движения, для выполнения которого предназначен механизм кинематической цепи, происходит **выходным** звеном.

Исходя из кинематических, конструкторских и функциональных свойств, механизмы подразделяют на рычажные, функциональные, кулачковые, зубчатые и др. виды. Для структурного анализа составляют схему – простейшую расчетную модель механизма, описывающую принцип действия и основные особенности движений и взаимодействий звеньев. Для этого механизм изображают с помощью условных обозначений звеньев и кинематических пар (без указания размеров звеньев). На схеме звенья обозначают цифрами, а пары и характерные точки – буквами, неподвижные звенья (стойки) показывают штриховкой.

Сущность конструирования кинематических схем и методология их анализа глубоко пронизана квалиметрической теорией «дерева свойств». Идентификация методов кинематики и квалиметрии при анализе кинематических схем позволяет обобщенно назвать: метод **инженерно-квалиметрического анализа** кинематических схем механизмов.

Структурные схемы типовых механизмов, их наименований и обозначений в конструкторско-технологическом проектировании стандартизованы. В Приложении 1 «Информационно-квалиметрические параметры подвижности механизмов» приведены структурные схемы подвижности и сложности наиболее характерных видов кинематических пар.

7.3. Сложность кинематики механизма (машин) редукторов

Расчеты по трем видам цилиндрических редукторов дают следующие количественные характеристики сложности кинематики редукторов:

- цилиндрические одноступенчатые – 16,83;
- цилиндрические двухступенчатые – 26,49;
- цилиндрические трехступенчатые – 36,88;
- червячный одноступенчатый – 16,10.

Редукторы применяются в конструкциях большинства машин (коробка скоростей автомобилей, металлообрабатывающих станков, подъемных кранов и т.п.). Следовательно, они считаются составными частями кинематики машин и одним из слагаемых количественного выражения сложности машин.

Рассмотрим кинематические схемы с зубчатыми передачами (рисунки 7.2, 7.3).

Редуктор действует следующим образом: двигатель (механический, электрический и др.) передает свое вращение на ведущий вал I, зубчатое колесо 1, закрепленное на вал I, свое вращательное движение передает ведомому зубчатому колесу, закрепленному на валу II. На валах I и II плотно закреплены подшипники качения радиально упорные с коническими роликами. Вращение валов осуществляется на подшипниках. Подшипники здесь являются самостоятельными механизмами, имеющими свои звенья и кинематические пары, информационно-квалиметрический анализ которых приведен в таблице 7.3 «Результаты расчета количества движений и сложности подвижности подшипника».

Анализ дает количественные показатели:

- кинематическая пара – соприкосновение по линии ролика с двумя поступательными и двумя вращательными движениями – сумма движений 5,14;
- кинематическая пара: кольцо внешнее – корпус, кольцо внутреннее – вал 2.

Сложность кинематических пар, имеющих движение, $C = e^{\frac{5,14}{15,42}} = 1,4$.

Сложность кинематических пар без движения 2.

Сумма сложностей кинематических пар в механизме подшипника $C_{\pi} = 1,4+2 = 3,4$.

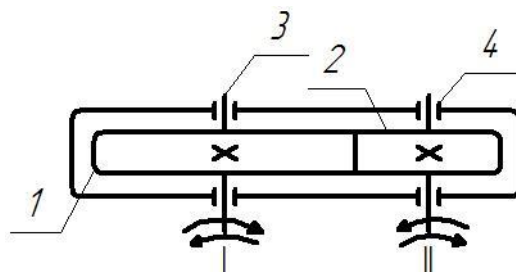


Рисунок 7.2 – Схема одноступенчатого редуктора

1. Зубчатое колесо ведущее жестко насаженное на вал 3.
2. Зубчатое колесо ведомое жестко насаженное на вал 3.
3. Валы, на которые жестко насажены подшипники 4.
4. Подшипники качения радиально упорные с коническим роликом.

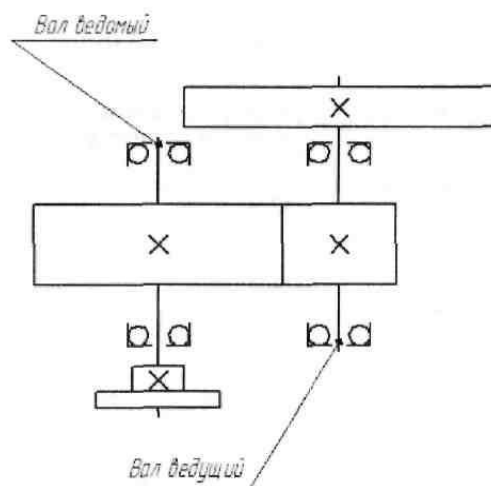


Рисунок 7.3 – Кинематическая схема редуктора одноступенчатого цилиндрического АБВГ.303115.094

Таблица 7.2 – Сложность кинематики редуктора одноступенчатого цилиндрического АБВГ.303115.094

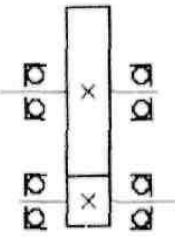
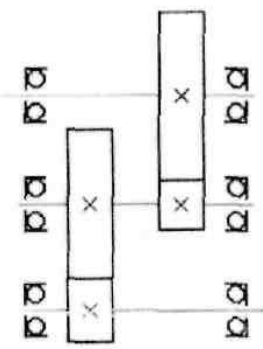
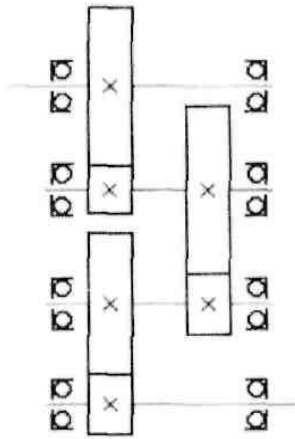
N п/п	Куда входит	Элемент	Количество	Сложность элемента	Сложность	Примечание
1	Вал ведущий	Вал-шестерня	1	1,0	1,0	
2		Подшипник	2	4,097	8,194	
3		Шкив	1	1,23	1,23	
4	Вал ведомый	Зубчатая пара	1	2,226	2,226	
5		Подшипник	2	4,097	8,194	
6		Полумуфта	1	1,0	1,0	
Итого суммарная сложность кинематики редуктора					21,844	

Таблица 7.3 – Результаты расчетов количества движений и сложности подвижности Подшипника качения радиально-упорного роликового с коническими роликами

Наименование кинематической пары	Виды движений														Сумма движений	Сложность кинематической пары
	Поступательные						Вращательные									
	+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1) кинематическая пара – соприкосновение по линии ролика	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4		
2) кинематическая пара – соприкосновение внешнего колёца с корпусом – неподвижная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
3) кинематическая пара – соприкосновение внутреннего колёца с валом – неподвижная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		

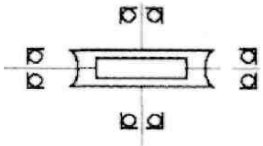
Сложность кинематической схемы подшипника $C = 1,4 + 1,0 + 1,0 = 3,4$.

Таблица 7.4 – Результаты расчетов сложности кинематики механизма редукторов

	Редукторы цилиндрические одноступенчатые ЦУ-100 – ЦУ-250	Редукторы цилиндрические двухступенчатые Ц2У-100 – Ц2У-250	Редукторы цилиндрические трехступенчатые Ц3У-160 – Ц3У-250
Кинематическая схема			
Сложность кинематики механизма	1. Зубчатая передача цилиндрическая 3,226 2. Подшипники качения радиально-упорные с коническими роликами – $3,4 \times 4 = 13,6$ 16,826	1. Зубчатые передачи цилиндрические 3,226 \times 2 = 6,452 2. Подшипники качения радиально-упорные с коническими роликами – $3,4 \times 6 = 20,4$ 26,492	1. Зубчатые передачи цилиндрические 3,226 \times 3 = 9,678 2. Подшипники качения радиально-упорные с коническими роликами – $3,4 \times 8 = 27,2$ 36,878

95

Таблица 7.5 – Редуктор червячный одноступенчатый универсальный Ч-80

Кинематическая схема	Сложность кинематики механизма
	1. Червячная передача 2,71. 2. Подшипники качения радиально-упорные с коническими роликами $3,4 \times 4 = 13,6$ 3. Сложность кинематики редуктора 16,31.

7.4. Проектирование квалиметрических параметров кинематики машин

Конструирование машин – творческий процесс проектирования со свойственными ему закономерностями построения и развития. Особенность этого процесса состоит в многовариантности решений по критериям технической рациональности на различных стадиях конструирования машин. Из пяти стадий разработки конструкторской документации, определенных стандартом, необходимо выделить следующие стадии разработки: **техническое задание**, **техническое предложение**, **эскизный проект**.

На этих стадиях подетальных конструкторских документов еще не требуется, однако стандартами установлены показатели, которые должны быть количественно рассчитаны и представлены на экспертные обсуждения и заключения по назначению, техническим параметрам, показателям качества, трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, экономической ресурсоемкости. Для решения расчетных задач на указанных стадиях необходима кинематическая схема машины с параметрами, дающими возможность количественно представить ряд требуемых показателей технологичности конструкции.

Квалиметрические параметры звеньев, пар и цепей в кинематических схемах машин могут быть приняты в качестве первичных отправных данных в расчетных процедурах инженерно-квалиметрического анализа производства машин. Использование таких параметров можно представить в следующей последовательности.

Первичным действием в последовательности расчетов является выбор аналога проектируемой машины. Аналогом проекта принимается либо машина, действующая как объект производства, которую необходимо улучшить по отдельным или интегрированным показателям качества, либо машина, являющаяся передовым мировым образцом для подражания. В том или другом проектном анализе должна быть в наличии конструкторско-технологическая документация, включающая в себя кинематические схемы машин и ее механизмов и обобщенные квалиметрические параметры.

Выбранный аналог кинематической схемы анализируется по изложенным здесь правилам и составляется полная спецификация кинематических пар с выделением видов движения звеньев и расчетом сложности кинематической пары – параметра подвижности $C_{кп}$. Далее выполняется расчет квалиметрического показателя подвижности кинематической схемы машины.

Конструкторские чертежи машины-аналога подвергаются подетальному со сборочными единицами анализу с расчетом квалиметрических параметров производства деталей по формуле для деталей

$$K_o = K_\phi \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{TO}, \quad (7.3)$$

где K_ϕ – квалиметрический показатель геометрической формы детали (квалиметрия конфигурации); K_m – квалиметрический показатель массы детали (квалиметрия массы); K_M – квалиметрический показатель материала детали (квалиметрия марки материала); K_R – квалиметрический показатель шероховатости поверхности детали (квалиметрия шероховатости); K_{TO} – квалиметрический показатель технологических особенностей детали (квалиметрия технологических особенностей).

Для получения квалиметрического показателя сборочной единицы следует просуммировать квалиметрические показатели деталей (K_o), входящих в сборку, затем определяется квалиметрический показатель машины. Изложенное можно выразить формулой:

$$K_{им} = \sum_{i=1}^n K_{O_i}, \quad (7.4)$$

где $K_{им}$ – суммарный квалиметрический показатель производства деталей машины, квалишт.; K_{O_i} – общий квалиметрический показатель i -ой детали; n – количество деталей в конструкции машины, шт.

Методы расчета квалиметрических показателей деталей и сборочных единиц подробно излагаются в последующих разделах учебного пособия.

Для квалиметрического анализа технологичности производства машины-аналога и машины-проекта необходима величина, позволяющая количественно выражать интегральный квалиметрический показатель аналога и проекта на ее основе, и делать прогнозы ресурсоемкости производства машины-проекта и его эффективности в сравнении с аналогами.

Для указанных целей одним из обобщенных координат для проектных задач может быть принята величина: квалиметрическая насыщенность деталями кинематики машины. Количественно такая величина будет представлять отношение суммы квалиметрически исчисленных деталей к сумме квалиметрических единиц пар, входящих в кинематическую схему машины. Значение предлагаемой величины рассчитывается по формуле:

$$K_{нд} = \frac{K_{им}}{C_k} [\text{кванд}], \quad (7.5)$$

где $K_{нд}$ – квалиметрическая насыщенность деталями кинематики машины, кванд; $K_{им}$ – квалиметрически исчисленное количество деталей в конструкции машины, квалишт.; C_k – квалиметрически исчисленная сложность кинематической схемы машины, логон.

Введенные величины в действующей теоретической и прикладной механике отсутствуют, однако для исчисления качества производства машин мето-

дами квалиметрии (измерения качества) они существенно необходимы как отправные (основополагающие) аргументы в расчетных функциях показателей ресурсоемкости. В этом можно убедиться на основе нижеприведенного примера.

Допустим, в кинематической цепи машины (рисунок 7.4) присутствует кинематический механизм, состоящий из звеньев: болт, гайка, шайба-тарелка, шайба-гровера, образующих несколько кинематических пар, а именно: болт - гайка; болт - шайба-диск; болт - шайба-гровера; гайка - шайба-гровера. Схематическое изображение механизма дает возможность логического анализа выделенных взаимосвязей (рисунок 7.5).

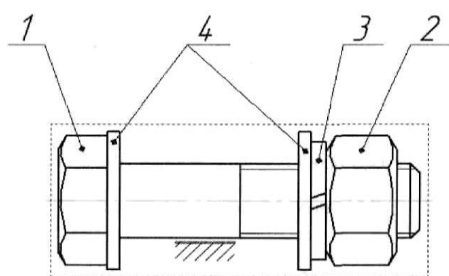


Рисунок 7.4 – Схема монтажного кинематического механизма: болт-гайка-шайбы

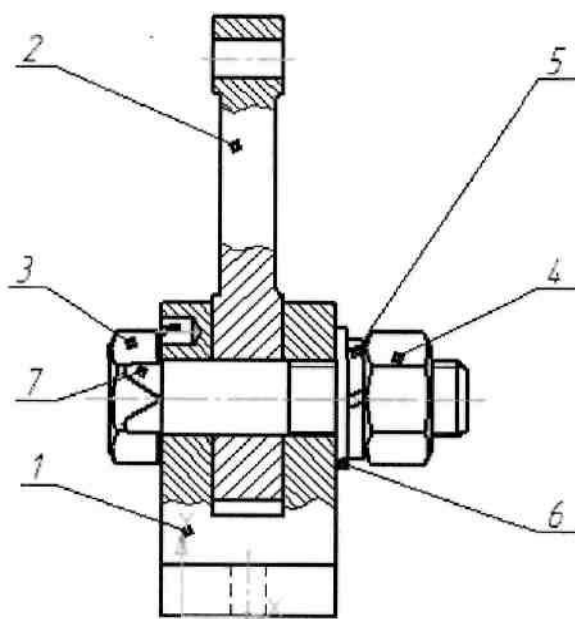


Рисунок 7.5 – Схема сборочной единицы «Шатун кривошипа»

1. Опора. 2. Шатун. 3. Ось. 4. Гайка ГОСТ 5915-70. 5. Шайба ГОСТ 10450-78. 6. Шайба пружинная ГОСТ 6402-70. 7. Шайба стопорная ГОСТ 13465-77

Ранее перечисленные детали-звенья вошли в состав сборочной единицы «Шатун кривошипа». Кроме них введены дополнительно: 1. Опора, 7. Шайба стопорная, 2. Шатун. Совокупность деталей преобразовалась в механизм **вра-**

щательный по V классу кинематических пар, с числом условий связи, равным 5. Шатун 2 вращается на оси 3, остальные детали жестко закреплены к опоре 1.

В процессе монтажа: 1) подборе и соединении частей в единое целое; 2) сборке деталей в сборочную единицу; 3) установке и проверке работоспособности механизма – подвижность кинематической схемы существенно изменяется.

Рассмотрим это явление на примере сборочной единицы «Шатун кривошипа», изложив подвижности кинематики (таблицы 7.6 и 7.7).

Данные из таблиц расчета подвижности свидетельствуют, что подвижности механизмов до сборки, в период сборки деталей-звеньев и в эксплуатационном (в собранном для испытаний) состояниях изменяются как по количеству движений, так и по сложности. В связи с этим возникает необходимость во введении понятий их квалиметрических показателей: **монтажная подвижность, эксплуатационная подвижность, ремонтная подвижность.**

Для изготовления «Шатуна кривошипа» первоначально необходимы крепежные детали: болт-гайка-шайбы, монтажная подвижность которых образуется из движений поступательных; вращательных; поступательно-вращательных. Базовым неподвижным звеном принят болт. Общее количество движений – 18,56 (таблица 7.6).

Расчет сложности движений механизма, выполненный по формуле:

$$C_{\text{кI}} = \sum_{i=1}^5 e^{\frac{\Sigma n_i}{15,42}} = 6,43,$$

где $C_{\text{кI}}$ – квалиметрическая сложность механизма; $\sum_{i=1}^5 n_i$ – сумма всех подвижностей (поступательных, вращательных), присущих механизму; 6,43 – параметр, характеризующий максимально возможную подвижность (относительно условно принятого звена механизма).

Расчет монтажной подвижности сборочной единицы «Шатун кривошипа», обобщенный в таблице 7.7, показывает величины подвижности:

$$C_{\text{кII}} = \sum_{i=1}^8 e^{\frac{\Sigma n_i}{15,42}}. \quad C_{\text{кII}} = \sum_1^8 e^{\frac{\Sigma n_i}{15,42}} = 10,51.$$

В сборочной единице «Шатун кривошипа» базовой неподвижной деталью-звеном стала опора, к которой присоединились методом сборки все ранее рассмотренные детали и этим самым изменили свое состояние в механизме от движения к неподвижности. Полученное изделие путем сборки из разных деталей с добавлением главного функционального звена-детали «Шатун» стало частью другой машины «Кривошипного пресса».

Таблица 7.6 – Пример расчета монтажной подвижности кинематической цепи «Болт-гайка-шайбы»

Наименование звеньев, пар	Обозначения в кинематических схемах	Виды движений												Сумма под-вижно-стей $\sum n_i$	Слож-ность пары $\sum n_{ij}$ $C = e^{\frac{\sum n_{ij}}{15,42}}$
		Поступательные						Вращательные							
		+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Болт-неподвижное звено		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Болт-гайка (винтовая пара)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
Болт-шайба (враща-тельно-поступательная)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
Болт-шайба Гровера (вращатель-но-поступательная)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
Гайка-шайба Гровера (вращательная)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23
Всего кинематических пар 5		3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6,28	6,28	18,56	6,43

Таблица 7.7 – Пример расчета монтажной подвижности кинематической цепи сборочной единицы «Шатун кривошипа»

Наименование звеньев, пар	Обозначения в кинематических схемах	Виды движений												Сумма под-вижно-стей $\sum n_i$	Слож-ность пары $\frac{\sum n_i}{15,42}$ $C = e$
		Поступательные						Вращательные							
		+x	-x	+y	-y	+z	-z	xу	yx	xz	zx	yz	zy		
Опора (неподвижное звено)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Опора-болт (вращатель-но-поступательная)		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4
Болт-шайба опорная		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4
Болт-шайба		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4
Болт-шайба пружинная		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4
Болт-гайка		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	5,14	1,4
Шатун-болт		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
Шатун-опора		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,11
Всего кинематических пар 8 звеньев Всего – 7 деталей, из них подвижно одно звено – шатун в кинематической паре шатун-болт, шатун-стойка														32,41	10,51

Таблица 7.8 – Монтажная подвижность механизма сборочной единицы «Шатун кривошипа» измененной конструкции

Наименование звеньев, пар	Обозначения в кинематических схемах	Виды движений												Сумма под-вижно-стей Σn_i	Слож-ность пары $\Sigma n_{i_{15,42}}$ $C = e_{15,42}$
		Поступательные						Вращательные							
		+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Опора		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00
Ось-опора	н.п.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00
Ось-шатун		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,40
Шатун-опора		1	1	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,21
Стопор-опора-ось		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,40
Всего кинематических пар 5														18,42	6,01

Монтажная подвижность измененной конструкции снизилась по количеству деталей, по количеству подвижностей и, следовательно, по величине сложности кинематики, то есть

$$C_{кш} = \sum_1^5 e^{\sum n_{i, 15,42}} = 6,01.$$

Таблица 7.9 – Сводные квалитетметрические параметры деталей «Шатун кривошипа» и их сборочных единиц по вариантам I, II, III

Вари- ант	Наименование детали	Код	α	m , кг	И	И _в	Шерохо- ватость	Материал	Квалитетметрические параметры					
									K_m	K_ϕ	K_μ	K_R	K_{σ_0}	K_o
I	Болт	758121	0,81	0,274	20	0	R_{z20}	Сталь 35	0,853	1,333	1,0	0,572	1,0	0,650
	Шайба	758491	0,89	0,022	5	2	$Ra40$	Сталь 10	0,992	1,972	0,85	0,278	1,0	0,232
	Шайба стопорная	758486	0,81	0,028	7	2	R_{z80}	Сталь 65Г	1,046	2,304	1,15	0,354	1,0	0,490
	Гайка	758412	0,87	0,126	14	8	R_{z40}	Сталь 35	1,380	3,916	1,0	0,450	1,0	1,216
II				0,373										1,735
	Опора	741515	0,76	0,884	23	11	$Ra6,3$	Сталь 10	0,983	2,366	0,85	0,528	1,0	1,044
	Шатун	743411	0,77	0,495	20	4	$Ra6,3$	Сталь 10	0,919	1,694	0,85	0,528	1,0	0,699
	Ось (болт)	758121	0,81	0,274	20	0	R_{z20}	Сталь 35	0,853	1,333	1,0	0,572	1,0	0,650
	Шайба стопорная (с лапкой)	758481	0,82	0,003	17	2	R_{z80}	Сталь 10	0,352	1,404	0,85	0,354	1,0	0,148
	Шайба	758491	0,89	0,011	5	2	$Ra40$	Сталь 10	0,496	0,986	0,85	0,278	1,0	0,116
	Шайба стопорная (провера)	758486	0,81	0,014	7	2	R_{z80}	Сталь 65Г	0,523	1,152	1,15	0,354	1,0	0,245
	Гайка	758412	0,87	0,063	14	8	R_{z40}	Сталь 35	0,690	1,958	1,0	0,450	1,0	0,608
				1,744										3,510
	Опора	741515	0,76	0,884	23	11	$Ra6,3$	Сталь 10	0,983	2,366	0,85	0,528	1,0	1,044
III	Шатун	743411	0,77	0,495	20	4	$Ra6,3$	Сталь 10	0,919	1,694	0,85	0,528	1,0	0,699
	Ось	713113	0,75	0,108	15	7	$Ra3,2$	Сталь 35	0,750	1,738	1,0	0,668	1,03	0,892
	Винт стопорный	758221	0,88	0,004	12	0	R_{z40}	Сталь 35	0,384	1,031	1,0	0,450	1,0	0,178
				1,491										2,813

Таблица 7.10 – Монтажная подвижность вариантов кинематической схемы механизма

Варианты	Наименование кинематических схем	Количество деталей, шт.	K_o Количество квалитметрически исчисленных деталей, квалитшт.	Количество кинематических пар, единиц	Количество квалитметрически исчисленных движений, квалитд	Сложность кинематической схемы, логон	Квалитметрическая насыщенность деталями кинематической схемы, кванд
I	Кинематическая цепь «Болт-гайка-шайбы»	4	1,735	5	18,56	6,43	0,27
II	Механизм сборочной единицы «Шатун кривошипа»	7	3,510	8	32,41	10,51	0,33
III	Механизм сборочной единицы «Шатун кривошипа реконструированный»	4	2,813	5	18,42	6,01	0,45

Конструкторский проект «Шатун кривошипа» можно выполнить с меньшим количеством деталей без изменения эксплуатационной подвижности. Измененный вариант конструкции дан на рисунке 7.6.

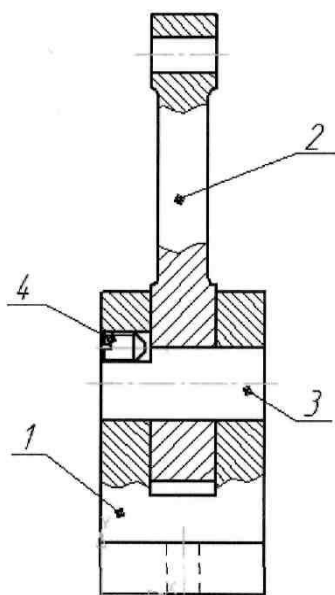


Рисунок 7.6 – Схема сборочной единицы «Шатун кривошипа»
Опора. 2. Шатун. 3. Ось. 4. Винт установочный ГОСТ 1476-75.

Монтажная подвижность кинематики измененной конструкции сборочной единицы «Шатун кривошипа» представлена в таблице 7.8.

Обобщение рассмотренных примеров приводит к следующему выводу: монтажная подвижность в кинематике механизма существенно зависит как от количества звеньев-деталей, так и от вида каждой кинематической пары и их суммарной подвижности. Результаты расчетов по приведенным примерам количественно подтверждают изложенный вывод.

Всякий механизм бесполезен, если не определено его функциональное предназначение как в составе кинематической схемы сборочной единицы, так и всей машины. Следовательно, конечной целью квалитетического анализа кинематических схем является определение их функциональной подвижности. При обобщенном анализе монтажной подвижности вариантов кинематической схемы механизма вариант I не имеет однозначно определенного эксплуатационного (фр. *exploitation* использование, извлечение выгоды) предназначения. Варианты II и III предназначены для поддержания подвижности в кинематической цепи машины «Кривошипный пресс». В этих вариантах расчеты монтажной подвижности становятся необходимыми и обязательными.

Для определения монтажной подвижности сборочной единицы «Шатун кривошипа» по варианту II необходимо выделить кинематические пары: 1) опора (неподвижное звено) в совокупности с другими прикрепленными мон-

тажными деталями; 2) шатун-болт (поступательно-вращательная пара); 3) шатун-опора (поступательно-вращательная пара); 4) болт-гайка (винтовая пара). Выбранные из таблицы 7.8 подвижности позволяют рассчитать сложность эксплуатационной подвижности механизма сборочной единицы по формуле:

$$C_{\text{кП}} = \sum_1^4 e^{\frac{\Sigma n_i}{15,42}} = 10,51 \text{ логон.}$$

Монтажная сложность по варианту III будет определяться кинематическими парами: 1) опора (неподвижное звено); 2) ось-шатун (возвратно-вращательная пара); 3) шатун-опора (поступательно-вращательная пара). Выбранные из таблицы 7.9. подвижности составят сложность эксплуатационной подвижности механизма сборочной единицы «Шатун кривошипа реконструированный»:

$$C_{\text{кП}} = \sum_1^3 e^{\frac{\Sigma n_i}{15,42}} = 1 + 1,00 + 1,40 + 1,21 + 1,40 = 6,01 \text{ логон.}$$

Глава 8. Квалиметрические шкалы в производстве

8.1. Шкалы и их назначения в измерениях

«Качество продукции. Совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». (ГОСТ 15467-79 (актуал. 2009)). Есть другие определения, в частности: «Качество – это совокупность свойств объекта, обуславливающих возможность удовлетворения им требований потребителя в соответствии с назначением объекта». (Методы квалиметрии в машиностроении. Учебное пособие. /Под ред. акад. РИА, проф. В.Я. Кершенбаума, акад. АПК, проф. Р.М. Хвастунова. М.: МФ «Технонефтегаз». 1999. 210 с.). Приведенное определение отличается от термина в ГОСТ 15467-79 (актуал. 2009). Сущность определений принципиально разная. Перечислим разночтение и разнопонимание.

1. Объект (лат. *objectum* предмет) 1) предмет, составляющий часть внешнего, материального мира; философская категория, выражающая то, что противостоит субъекту в его практической и познавательной деятельности, причем в качестве объекта может выступать и сам субъект; 2) имя предмета или лица, на который направлено действие, выраженное глаголом; противоп. – субъект, действие; 3) объект права – конкретные имущественные и неимущественные блага и интересы, отношения по поводу которых регламентируются законом.

2. Продукт (лат. *productus* произведенный) 1) предмет, открытие, идея и т.п., получающиеся в результате человеческого труда; 2) вещество, получаемое химическим путем из других веществ; 3) следствие, результат известных условий, окружающей среды и пр.; 4) предмет питания, нечто съестное.

3. Продукция (лат. *production* < *producer* производить) 1) совокупность продуктов, произведенных за определенный промежуток времени где-либо или кем-либо; валовая продукция – стоимость всей выпущенной продукции, включая все произведенные расходы.

Перечисленные термины в переводе с латинского языка на русский можно еще выразить множеством слов с позиций В.И. Даля. Но если целевая задача состоит в нахождении областей измерения качества (квалиметрии), то называть предметом изучения целесообразнее не «объект», а «продукт», «продукция». Квалиметрия как отрасль науки, все-таки находится на стыке естественнонаучных знаний и экономических методов управления трудовой деятельностью общества.

Следующее отличие: «возможность удовлетворения им требований потребителя» (учебное пособие) и «ее пригодность удовлетворять определенные потребности» (стандарт).

1. Возможность удовлетворения – такой посыл для гадания: будет – не будет; проектирование качества – это деятельность по созданию возможной потребности не одной личности-потребителя, а широкого класса (группы, видов) общественной потребности, как личного назначения, так и всего общества.

2. Требования потребителя – они изучаются до проектирования и изготовления продукции и определяются по отдельно взятым свойствам, принимаемым или отклоняемым в квалитетрическом проекте.

Думается, «пригодность удовлетворять определенные потребности» более приемлемое понятие, относящееся к теории квалитетрии и ее методам проектирования качества продукции.

Многосложные философские отступления от основной темы измерения качества можно резюмировать установленной стандартами последовательностью действий квалитетрического анализа, а именно:

- дана функция цели: создать продукт подобный по совокупности свойств выбранному аналогу;
- выбранный аналог действует (используется) в среде общественной потребности;
- аналитическое описание совокупности свойств аналога с выделением ряда свойств, подлежащих реконструкции (улучшению) в соответствии с принятой целевой функцией;
- проектирование дерева свойств реконструкции продукта;
- создание системы показателей для количественного выражения всех свойств, принятых для реконструкции продукта;
- выбор величин, отражающих количественное выражение свойств в отдельности по каждому виду, группе, классу и в целом по функциональному назначению;
- создание взаимосвязанной структуры шкал измерений, по выделенной совокупности величин;
- разработка методов и процедур измерения свойств реконструируемого продукта;
- проектирование реконструкции продукта;
- изготовление опытного образца продукта, испытание в системе общественного потребления;
- сопоставление показателей качества аналога и создаваемого продукта;
- запуск продукта в общественную среду для удовлетворения потребности личностей в соответствии с функциональным назначением реконструкции продукта.

8.2. Шкалы в квалиметрии

Человеческий разум в своей познавательной деятельности окружающего мира выделил величину качества – никакой (лат. nullus ноль), то же, что нуль, который был принят в качестве количественного выражения отсутствия какого-либо свойства. Затем математическая наука придала этому явлению знак «0» для выражения в десятичной системе счисления отсутствия единиц какого-либо разряда. Присвоенный знак стал числом, являющимся границей между областью положительных и областью отрицательных чисел. Теперь существует фундаментальное правило: 1) от прибавления нуля (0) к любому числу последнее не меняется; 2) также, как и к вычитанию; 3) произведение любого числа на нуль (0) дает нуль; 4) деление на нуль невозможно; 5) нуль является отправным пунктом в системе исчисления; 6) нуль есть начало отсчета в данной системе координат; 7) нуль – это точка, от которой начинается деление шкалы какого-либо физического инструмента; 8) нуль в навигационных морских картах означает условную поверхность, от которой даются отметки глубин.

В квалиметрическом анализе выделение понятия «ноль – никакой» вводит исследователя в затруднительное положение потому, что качество в латинском языке: qualitas – качество; qualis – какой по качеству; qualificatio – делаю качество, логически не может быть «никакой». Следовательно, если качество это совокупность множества (причем не ограниченного как-то множества), то должно быть принято исследовательское правило, которое не приводило бы выражение словом «никакой» к нулевому квалиметрическому результату. Такое правило возникло в ходе развития математики (др. греч. μαθηματική < μαθημα познание, наука) и ее распространение для количественных представлений исследований в различных областях жизнедеятельности и, прежде всего, в физике. Метод количественных представлений получил название **логарифм** (др. греч. λόγος отношение + ἀριθμός число).

Логарифм числа N по основанию a – это показатель степени m , в которую следует возвести число a , чтобы получить число N ; обозначается $\log_a N = m$ ($a > 0$, $a \neq 1$). Одним из фундаментальных правил математики является аксиома: всякое число N , возведенное в нулевую (0) степень, равно 1, то есть, если $a^m = N$, то при $m = 0$ $a^0 = 1$. Основные свойства логарифмов:

$$\log_a(M \cdot N) = \log_a M + \log_a N,$$

$$\log_a(M/N) = \log_a M - \log_a N,$$

$$\log_a N^k = k \log_a N.$$

Они позволяют сводить умножение, деление и возведение в степень (извлечение корня) к сложению, вычитанию их логарифмов и умножению (делению) логарифмов на показатель степени (корня), то есть к более простым дей-

ствиям. При вычитании наиболее употребительны десятичные логарифмы ($a = 10$), обозначается $\lg N$, в информационно-вычислительных системах применяется система логарифмов при основании $a = 2$, единица информации, получаемая таким логарифмированием, называется бит (англ. binary digit двоичная единица). В теоретических вопросах большое значение имеют натуральные логарифмы, основанием которых служит число $e = 2,71828\dots$, их обозначение $\log_e N = k$, следовательно, $e^k = N$; и при $N = 1$ $k = 0$.

Обратим внимание на определение – натуральный. Слово «натура» пришло давно в русский язык из латинского, и как объясняет В.И. Даль: «Натура – природа, все созданное, особенное на земле нашей; создание, творенье; сотворенное, все вещественное вкупе; силы природы, проявление их, естество; все подлежащее чувствам, плотское; свойство, качество, принадлежность, особенность; быть, природное, прирожденное... Натурализм, ученье, отрицающее божественность откровенья». Современный словарь, уточняя прошлое значение, разъясняет: натура (лат. natura природа) 1) (устаревшее выражение) природа, растительный и животный мир; 2) темперамент, нрав, характер человека; 3) реальная действительность, служащая предметом изображения для художника-человека, предметы, ландшафт и т.п.; 4) продукты, товары как платежное средство взамен денег. Распространение слова натура для характеристики различных направлений в жизнедеятельности общества через понятия натурализм, натуралист, натуральный превращает его во всеобщий, всеобъемлющий, повсеместный – разносторонний инструмент отражения и измерения совокупности свойств вещества, энергии и информации.

Но есть другое не менее распространенное понятие: художественное творчество, в целом – литература, архитектура, скульптура, живопись, графика, декоративно-прикладное искусство, музыка, танец, театр, кино и другие разновидности человеческой деятельности, объединяемые в качестве художественно-образных форм отражения действительности. В отличие от слова натура искусство – глубоко русское слово, в разъяснении В.И. Даля означающее: искушать, искусить кого, чем, в чем; испытывать, изведывать, убеждать опытами в образе действий или мыслей, чувств; подвергать кого испытанию; соблазнять, прельщать, смущать соблазном, завлекать лукавством; стараться свратить кого с пути блага и истины; доходить до чего опытом, навывать, приспособляться, натереть. Искусство – принадлежность искусного, знание, умение, развитая привычкой или учением способность; ветвь или часть людского образования, просвещения; наука, знание, прилагаемое к делу; рукоделие, ремесло, мастерство, требующее большого умения и вкуса. Искусственный, с искусством сделанный; сделанный руками человека, непринужденный или несозданный, деланный».

Развитие общественной деятельности, искусства отдельных людей труда (физического и интеллектуального) привело к созданию целых отраслей производства и сферы потребления и творчества, названные искусственными: аппараты искусственной вентиляции легких, кровообращения, питания, интеллекта, отбора; искусственные: кометы, планеты, волокна, сооружения, спутники Земли, Венеры, Луны, Солнца: возникли творческие направления: искусствоведение, искусствознание и множество их подразделений.

Обобщение натуры и искусства в единое направление человеческой деятельности позволило дать определение культуры (от лат. cultura возделывание, воспитание, образование, развитие, почитание) исторически определенный уровень развития общества, творческих сил и способностей человека, выраженный в типах и формах организации жизни и деятельности людей, а также в созданных и создаваемых ими материальных и духовных ценностях.

Будем исходить из общепринятого определения: шкала (лат. scala лестница) – последовательность чисел или величин, расположенных в нисходящем или восходящем порядке, например, температурная шкала: восходящая от нуля до плюсовых градусов тепла и нисходящая от нуля до минусовых градусов холода; отсчетным устройством измерительного прибора (градусника) является шкала температурных чисел. Основным исходным положением устройства шкалы является склонность воды откликаться на тепловые изменения природы изменением своего состояния: от жидкого до твердого и в соответствии с этим изменять занимаемый объем (лед имеет больший объем по сравнению с породившим его объемом воды).

Природное явление, ощущаемое человеком (живым организмом), принятое человеком разумным деятельным (*homo-sapiens faber*) в качестве аналога изучения тепловых преобразований, привело к обширной народно-хозяйственной деятельности, называемой в настоящее время теплоэнергетикой.

В основе теплоэнергетики лежит наука измерения качества теплопродукции, измерительные процедуры термодинамических процессов. Осуществленные исследования отнесены к разделу «Теплота». Объект исследования: термодинамические системы; термодинамическая система – тело (совокупность тел), способное (способных) обмениваться с другими телами (между собой) энергией и (или) веществом. (Сборник рекомендуемых терминов. /Комитет научно-технических терминов Академии наук СССР. Вып. 103. Термодинамика. Основные понятия. Терминология. Буквенные обозначения величин. М., 1984).

Рассмотренный пример температурной шкалы есть лишь один пример отражения научно-производственной жизнедеятельности человеческого общества. Таких примеров в науке и практике множество, имеющее тенденцию

расширения разнообразия измерительных процедур (лат. *procedure* продвигаться < *procedo* продвигаюсь), в ходе развития взаимоотношений людей с природой, между собой и производством продукции и благ. Здесь квалиметрия выступает как отрасль науки, обобщающая различные шкалы, единицы и измерительные процедуры.

В экономико-математических энциклопедиях (словарях) определено: «шкала измерения, числовая шкала, в математической теории измерения упорядоченное множество (кортеж) из трех элементов: эмпирическая система с отношениями, числовая система с отношениями и функция, задающая отображение первой системы во вторую». (Экономико-математический энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия: ИНФРА-М. 2003. Адлер Ю.П., Азгальдов Г.Г.С.593). Необходимо определиться с понятиями: кортеж, эмпирия. Кортеж (фр. *cortège*) выезд; торжественное шествие. Кортеж (англ. *tuple, ordered sequence*) – упорядоченный набор элементов любой природы. (Вектор, строго говоря, является частным случаем кортежа, когда все его компоненты – числа. Например, ими могут быть координаты системы). Кортеж часто обозначается в угловых скобках: $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$. В отличие от вектора над ними не производят какие-либо алгебраические действия. (Лопатников Л.И. Там же. С.226). Эмпирический (др.греч. *ἐμπειρία* опыт, опытность) основанный на опыте, выведенный из опыта; система (др.греч. *σῖστημα* соединенное в одно целое из многих частей).

Эмпирическая система с отношениями – это множество объектов, для всех элементов которого определено (задано, составлено) правило установления взаимоотношения; эталоны, образцы, базовые величины, если они приняты, образуют отправное подмножество для построения системы с отношениями.

Числовая система с отношениями – это множество выделенных чисел, между которыми определены выработанные опытом некоторые отношения. Одной и той же эмпирической системе с отношениями можно поставить в соответствие сколько угодно числовых систем с отношениями, математически эквивалентных друг другу. Из свойства эквивалентности следует, что выбор числовой системы может определяться соображениями удобства объяснения взаимосвязей, легкости счета и т.п. Здесь многое зависит от выбранного объекта-аналога и описания его дерева свойства.

Функция, задающая отображение эмпирической системы в числовую систему, устанавливает соответствие между элементами двух частей. Если функция взаимно-однозначная, изображение называется изоморфным; если функция однозначна в одну сторону – гомоморфным. Взаимно-однозначное соответствие – это такое соответствие между множеством А и В, при котором любому элементу x множества А ставится в соответствие единственный элемент

у множества В. Понятие различных шкал измерения и отличающих их особенностей вводится аксиоматически, то есть путем формирования множества исходных положений, принимаемых без доказательств.

На содержательном уровне по возрастанию информационного потенциала выделяются следующие шкалы измерения, наиболее приемлемые в квалиметрии.

1. Шкала наименований (номинальная) – шкала, применяемая для выявления свойства, определяющего обобщенное первоначальное проявление выделенного свойства в различениях объектов. Единственная информация, получение которой обеспечивает измерение в номенклатурной шкале – это информация о том, что данный объект с помощью присвоенного ему «имени» может быть отделен от других объектов, принадлежащих вместе с ним к некоторой их совокупности. Например, из продуктов производства, составляющих потребительскую корзину личности-гражданина Российской Федерации, выделяется совокупность-одежда, которой соответствует цифра 85123 на шкале наименований общепромышленного классификатора продукции.

2. Шкала порядка (ранговая, ординальная) наряду с информацией, предоставленной шкалой наименований, обеспечивает дополнительной информацией о ранжировке развития свойств объекта по возрастанию (убыванию) степени выраженности свойств в шкале наименований. Здесь примером также является одежда, добавлением к ее наименованию «детская». Шкала порядка чисел выделит ранговую характеристику продукции: одежда 85123; шкала группы одежды – 28. Шкала порядка выбрала в себе шкалу наименований, которая идентифицирует измерение величины: одежда детская: 8512328.

3. Шкала интервалов обладает еще большей возможностью количественного выражения свойств объекта. При измерении этой шкалой нескольких объектов, кроме информации, обеспечиваемой шкалой рангов, появляется дополнительная информация – насколько один объект отличается от другого объекта по измеряемой характеристике. Например, детская одежда 8512328 отделена по величинам: «рост потребителя от 122 см до 170 см» на 7 интервалов; «обхват груди от 60 см до 92 см» на 7 интервалов. Добавление информации по шкале интервалов к шкале наименования и к шкале порядка выразится числом: $8512328 \frac{122}{60}$.

4. Шкала отношений – это наиболее употребляемая шкала измерений на практике обеспечивает информацию о кратности различий свойств и их совокупностей. При ее использовании кроме информации, обеспечиваемой шкалами наименований и интервалов, на основе использования шкалы порядка (рангов) по шкале отношений возможно получить информацию, обобщающую некоторую совокупность свойств, определяющих качество объекта. Шкала отношений

показывает, во сколько раз измеряемые свойства одного объекта выражены больше (меньше), по сравнению с другими объектами. Например, в измерении стоимости, определяемой по отношению издержек производства к полезности, через систему ценообразования, можно определить, во сколько раз стоимость совокупности издержек производства детской одежды одной группы и рассматриваемого ранга, принятого за аналог, больше (меньше) другого ранга по шкале порядка. Продолжение примера по детской одежде. На предприятиях А производится детская одежда, идентифицированная по шкалам, приведенным выше: $8512328 \frac{146}{76}$. Расшифровка числовых значений свойств:

– детская одежда 85123 – величина и ее единица в составе потребительской корзины гражданина страны;

– детская одежда $8512328 \frac{146}{76}$: костюм с длинными брюками из шерстяной ткани, для мальчиков школьного возраста при росте 146 см с обхватом груди 76 см, с подкладкой, с фурнитурой стоимостью 0,6 до 0,9 у.е.; без надбавок за отделку; площадь лекал материалов для верха 1,10 до 1,19 м².

– $8512328 \frac{122}{60}$ – то же самое, но изменились размеры роста и обхвата груди.

Калькуляция издержек производства и определение себестоимости дали цену производства в первом случае 12,10 у.е., во втором виде 11,20 у.е. Если примем первый вид одежды за базовую величину с числовой характеристикой $\frac{146}{76}$, то можно определить соотношение между видами $\frac{12,10}{11,20} = 1,08$. Эмпирическая система соотношений факторов производства и размеров стоимости даст разнообразие данных по сочетанию разных числовых значений, полученных по шкале отношений. Множество данных реального производства является действующей ареной применяемых шкал измерений.

Шкалы измерений, используемые в квалиметрии и экономико-математических методах, кроме информационного потенциала, различаются по их способности определять характеристику – «расстояние между объектами» как по отдельным свойствам, так и их комплексу.

Шкалы, задающие расстояние, называются **метрическими** (шкала отношений); а шкалы, не дающие количественных значений расстояний – **неметрическими** (шкала наименований, порядковая шкала). Характеристикой шкал являются такие величины, как размах шкалы, количество используемых в них градаций, наличие (отсутствие) единицы измерения и др. (Лит.: 1. Пфандагль И. Теория измерений. М., 1976; 2. Адлер Ю.П. Предпланирование эксперимента.

М., 1978; 3. Хованов Н.В. Математические основы теории шкал измерения качества. Л., 1982; 4. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. (Основы квалиметрии). М., 1982; 5. Лопатников Л.И. Словарь современной экономической науки. М., 2003).

8.3. Измерительные процедуры в квалиметрии

Реализация принципов и методов шкалирования составляет сущность измерительных процедур в науке и практике, как в общем, так и в различных частностях исследовательской деятельности. В квалиметрии процедура измерения определяется целевой функцией количественного выражения интегрального показателя качества продукта (блага). Измерительные процедуры порождаются конкретными целевыми задачами, исходящими из «Системы управления качеством продукции». ГОСТ 15467-79 (актуал. 2009).

Стандартом определены методы и процедуры расчетов квалиметрических показателей. Рекомендуются следующие методы:

- измерительный – определение значения показателей, осуществляемый на основе технических средств измерений;
- регистрационный – определение показателей качества на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей от ее зафиксированных параметров;
- органолептический – метод определения показателей, осуществляемый на основе анализа восприятия органов чувств;
- экспертный – определение показателей качества, осуществляемый на основе решения, принимаемого экспертами;
- социологический – определение значения показателей качества, осуществляемый на основе сбора и анализа мнения фактических или возможных потребителей.

Разработкой процедуры расчета квалиметрических показателей продукции, товара, услуги, события, явления, обобщаемых понятием объект, занимаются специалисты, изучающие различные стороны качества, например, метролог, технолог, товаровед и т.п. Будем называть таких специалистов общим названием **квалиметролог**.

Лицом, разрабатывающим измерительные процедуры в квалиметрическом анализе продукции, является квалиметролог независимо от его основной профессиональной деятельности; например, в машиностроительном производстве конструктор, технолог, метролог, менеджер, экономист становятся квалиметрологами.

Проектной квалиметрической задачей квалиметролога является разработка метода измерения качества (МИК). В основу метода принимаются фундаментальные экономические категории:

– стоимость продукции – отношение издержек производства (E) к полезности (U) с производственно-экономической тенденцией к снижению при прогнозировании

$$C = \frac{E}{U} \rightarrow \min ;$$

– ценность продукции – отношение полезности (U) к издержкам производства (E) с производственно-экономической тенденцией к повышению при прогнозировании

$$C = \frac{U}{E} \rightarrow \max .$$

Необходимо учитывать, что величины, входящие в приведенные формулы должны быть заданы векторным исчислением, количество их выражено числом и задано направление возрастания и убывания.

Для квалиметрического анализа проявления приведенных категорий в производственной деятельности необходимы знания в области «базовой квалиметрической терминологии» (Г.Г. Азгальдов). Среди многих терминов, существенных для МИК, являются следующие:

– свойство продукции – объективная особенность продукции, которая может проявляться при создании, эксплуатации или потреблении. Подразделяется на простое и сложное свойство. Простое – такое свойство, которое при анализе не подразделяется на составные подразделы. Сложное – такое свойство, которое имеет в своей совокупности проявление возможности расчленения (декомпозиции) на два и больше других простых свойства;

– квалиметрическая информация (квалиметрический показатель) – информация о качестве объекта, выраженная в результате анализа совокупности его свойств количественно числовым параметром с определенной размерностью или безразмерностью. Квалиметрическая информация может быть результатом точного, упрощенного, приближенного, экспертного, неэкспертного методов измерения качества объекта. В отечественной и зарубежной практике наиболее распространены так называемые смешанные методы измерения качества по совокупности свойств, формирующих интегральный квалиметрический показатель объекта.

В соответствии с теорией квалиметрии (Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. М.: Экономика. 1982. 256 с.) этапы исследовательской работы по созданию «Методики квалиметрического анализа производства» (МКА) можно представить в следующей последовательности.

I. Составление целевого (технического) задания на разработку и использование методики квалиметрического анализа производства изделия – ТЗ.

II. Определение ситуации, необходимой для измерения качества производства изделия.

III. Формирование групп участников разработки МКА – 3.

IV. Построение дерева свойств и дерева квалипоказателей производства и эксплуатации изделия – ДСПЭ.

V. Определение значений коэффициентов важности (предпочтения) показателей ДСПЭ – $Q_{\text{ДСПЭ}}$.

VI. Определение эталонных и браковочных значений показателей свойств ДСПЭ – КЭиБ.

VII. Определение и выбор шкал и единиц измерения ДСПЭ – СДСПЭ.

VIII. Определение абсолютных значений показателей свойств ДСПЭ – КСДСПЭ.

IX. Расчет значений относительных показателей свойств ДСПЭ – КДСПЭ.

X. Расчет и определение значений единичных и комплексных показателей изделия – QДСПЭ.

XI. Определение методов расчета интегрального квалиметрического показателя изделия – УДСПЭ.

XII. Согласование методической процедуры (МКА) квалиметрического анализа и расчета интегрального показателя производства и эксплуатации изделия УДСПЭ.

Все перечисленные этапы создания МАК основаны на принципах **аналогии**. Здесь уместно повторить сущность основополагающего термина: аналогия (др.греч. *αναλογία* соразмерность) 1) сходство, подобие в каких-либо свойствах между предметами, явлениями или понятиями; 2) форма умозаключения, при которой на основании частного сходства различных предметов или явлений делается вывод об их сходстве и в иных отношениях; при этом знание, полученное из рассмотрения более изученного явления, переносится на менее изученный; подобные умозаключения – один из источников научных гипотез.

При разработке МАК основой является действующее производство изделия-сам себе аналога, имеющего полное описание свойств, определяющих качество и количество производства и его использование (эксплуатации, потребления). Вырабатывается «лицом, принимающим решение» (ЛПР) целевая функция улучшения совокупности свойств производимого изделия с указанием желаемых лучших изделий-аналогов, имеющих полное описание свойств сопоставляемых с действующим в производстве изделием.

Сущность этапа II. Определение ситуации производства изделия состоит из двух частей: разработки МАК и использования МАК. Суть заключается в том, что квалиметролог, получив задание на разработку МАК, составляет перечень вопросов, которые должны быть согласованы с «лицом, принимающим решение» (ЛПР) – руководителем производства или заказчиком изделия. Уточнение вопросов необходимо для того, чтобы:

а) у квалиметролога была достаточная информация о свойствах, подлежащих включению в дерево свойств, разрабатываемое для последовательности этапов;

б) у использующих МАК была полная ясность о тех исходных условиях, которые положены в основу методики МАК и которые определяют границы ее применения.

Вопросы, ответы на которые подлежат уточнению, разбиваются на три группы, уточняющие особенности:

- II.1. Применения объектов как типовых в квалиметрическом анализе;
- II.2. Использования вычисленных квалиметрических показателей;
- II.3. Процедуры разработки МАК – «Метода анализа качества».

Наиболее полный квалиметрический анализ обеспечивается тогда, когда учитываются все свойства объекта, проявляющиеся на всех этапах его функционирования. Следовательно, разработчик МАК обязан сформулировать следующие вопросы и дать на них методические рекомендации.

I.1.1. Нужно ли учитывать свойства по всем этапам жизненного цикла объекта?

I.1.2. Нужно ли учитывать возможность модернизации объекта в будущем?

I.1.3. На что нужно ориентировать срок существования объекта: на срок его физического износа, морального износа или оба вида износа одновременно?

I.1.4. Какие группы людей, контактирующих с объектом, необходимо учитывать для квалиметрического анализа?

I.1.5. Какое место анализируемого объекта в типоразмерной классификации?

I.1.6. Какие из природно-климатических факторов окружающей среды могут влиять на качество объекта и, в связи с этим, должны учитываться при его квалиметрическом анализе?

I.1.7. Какие свойства объекта, отражающие его воздействие на окружающую среду, должны учитываться при анализе его качества?

II.2.1. Какой уровень социальной иерархии должен учитываться при проектировании качества объекта?

II.2.2. Должно ли измерение качества объекта производиться с целью расчета интегрального квалиметрического показателя или для получения показателя качества, отражающего лишь потребительские свойства?

II.2.3. Какой из трех методов – точный, приближенный или упрощенный – будет применен в методике квалиметрического анализа (МАК)?

II.2.4. Нужна ли сопоставимость значений показателей качества объектов, выделенных в перечне аналогов? И если нужна, то какого типа сопоставимости

(функциональная, производственно-технологическая, по времени жизненного цикла, интегральная)?

П.2.5. В какой шкале – рангов или отношений – должны быть выражены квалитметрические показатели объекта?

П.2.6. Каково максимально допустимое время на полный цикл квалитметрического анализа?

П.2.7. Как часто (одно или многократно) будет использоваться МАК?

П.2.8. Какова процедура расчетов и вычислений в методике квалитметрического анализа должна быть применена (ручная, машиноручная, компьютерное моделирование с указанием программных средств) для определения показателей качества по принятому дереву свойств и целей?

П.2.9. Нужны ли дифференцированные показатели качества (по свойствам, их комплексам, группам, условиям применения и др.)?

Ш.3.1. Имеется ли МАК для квалитметрически анализируемого объекта в какой-либо другой организации? Если да, то может ли квалитметролог воспользоваться этой методикой, и в какой степени?

Ш.3.2. Имеются ли у заказчика или у руководства действующим производством вспомогательные информационные документы и данные для разработки МАК?

Ш.3.3. Каковы допустимые в конкретной ситуации затраты труда и возможности по профессиональным характеристикам участников на разработку «Методики квалитметрического анализа производства»?

8.4. Построение дерева свойств и выявление квалитметрических показателей

Построение дерева свойств и выявление квалитметрических показателей составляет содержание четвертого этапа алгоритма разработки методики измерения качества (МАК) (рисунок 8.1).

Этот этап имеет очень большое значение по двум причинам. Во-первых, потому, что, при неправильном выполнении составляющих его операций, результаты исследования качества, полученные с помощью некорректно построенного дерева (и основанной на нем МАК), не исключено, окажутся совершенно неверными. Причем, возникающая при этом ошибка может проявляться в любой шкале, в которой будут выражаться значения показателя качества.

Так, пусть имеются объекты А и Б, показатели качества которых (K_A и K_B) выражены в шкале отношений. Предположим, что значения этих показателей, вычисленные при правильно построенном дереве, равны, например, величинам $K_A = 0,84$ и $K_B = 0,76$. Тогда соотношение $K_A/K_B = 1,1$. Если же дерево будет

построено неправильно, то, очень вероятно, что такое соотношение значений показателей качества будет отличаться (в большую или меньшую сторону) от величины 1,1. Таким образом, получается, что в рассмотренной ситуации качество измеряется не «металлическим» (жестким), а «резиновым» (мягким) метром, что, разумеется, недопустимо для любых измерений.

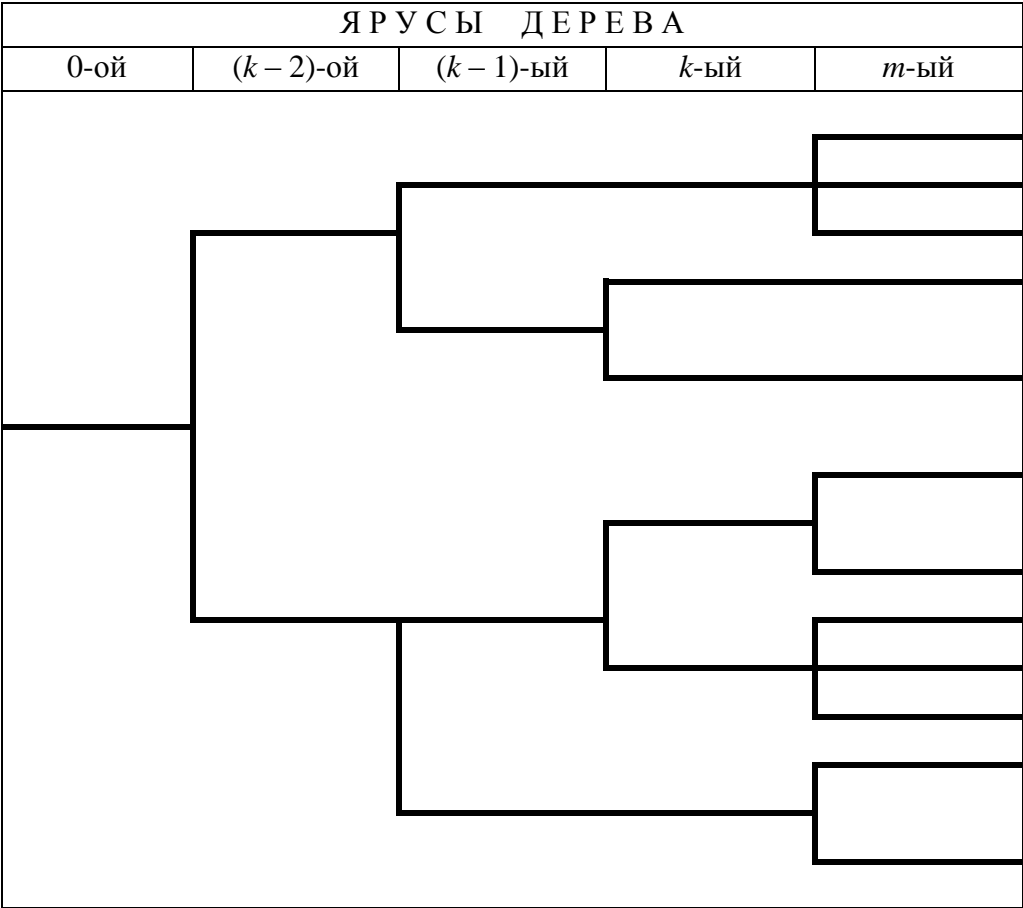


Рисунок 8.1 – Общая схема декомпозиции (по ярусам дерева)
 сложных свойств в менее сложные свойства
 (Азгальдов Г.Г. Квалиметрия жизни. М.: ВЦУЖ. 2006. С.780)

Если же измерение показателей производилось в шкале порядка (шкале рангов) и при правильно построенном дереве имелось соотношение $K_A > K_B$, то отнюдь не исключена ситуация, когда, в случае использования неправильно построенного дерева, для тех же самых объектов соотношение их качества будет выражаться уже противоположной ранжировкой: $K_A < K_B$! (Понятно, что говорить о какой-либо точности квалиметрических расчетов при этом не приходится).

Вторая причина, определяющая важность этого этапа алгоритма разработки МАК, определяется следующим обстоятельством. Все другие этапы алгоритма (при сегодняшнем уровне развития теоретической квалиметрии) в методическом отношении являются относительно простыми, поддаются форма-

лизации и в значительной степени могут быть реализованы автоматически. Что же касается данного (четвертого) этапа, то его выполнение сегодня (и в обозримом будущем) остается еще в значительной мере неформализованным процессом, требующим от лица, разрабатывающего методику измерения качества (ЛРМ), творческого подхода.

Понятно, однако, что при построении дерева подобный творческий подход потенциально чреват проявлением весьма нежелательного субъективизма. Стремлением уменьшить степень такого субъективизма и объясняется разработка правил построения деревьев, накладывающих определенные рамки на действия осуществляющего эти построения ЛРМ. Следовательно, процедура построения дерева становится процессом менее стохастическим и более детерминированным. Что, в конечном итоге, приводит к уменьшению ошибки результатов, получаемых с помощью такого дерева.

В научной деятельности «дерево – это инструмент познания». Обычно иерархические структуры типа «дерево» применяются для анализа возможностей решения некоторой сложной проблемы, проявляющейся в разных аспектах.

Исторически идея дерева проблем впервые была выдвинута знаменитым французским математиком и философом Рене Декартом.

Несколько позднее Декарта идею дерева (применительно к дереву целей) сформулировал известный английский мыслитель Томас Гоббс.

Понятие «деревья» использовалось, в основном, как классификационные деревья. А сам термин «дерево» в научный обиход ввел в 1857 г. английский математик А.Кели, рассмотревший эту разновидность математических объектов – «графов» – в работе «К теории аналитических форм, называемых «деревья».

В этот же период термин структура «дерева» использовал при изучении электрических цепей Г.Р. Кирхгофф. В современных условиях древовидные структуры наиболее часто и широко используются в системном анализе, в прогнозировании, в квалиметрии и в теории принятия решений.

Терминология. Несмотря на довольно широкое использование термина «дерево», связанный с ним понятийный аппарат до настоящего времени еще не может считаться достаточно отработанным и, главное, – общеупотребительным. Наиболее четко (на уровне формализованных определений) понятийный аппарат, относящийся к деревьям, отработан в отношении применяемых в квалиметрии деревьев свойств и деревьев показателей. Отметим, что комплекс применяемых там основных понятий вполне пригоден и для большинства других типов деревьев. Кратко поясним его на примере дерева свойств, по отношению к которому дерево показателей (являющееся целью реализации алгоритма квалиметрического анализа на данном этапе) в значительной степени является аналогом.

Основное понятие – **свойство**, представленное одной из ветвей дерева. (В дереве проблем аналогом свойства является проблема, в дереве целей – цель, в дереве ресурсов – ресурс и т.д.).

По степени сложности все свойства делятся на три типа. Во-первых, свойства бывают **сложные** (делимые на менее сложные). Например (см. раздел «Сущность качества и управления им»), сложное свойство «интегральное качество» может быть подразделено на два менее сложных свойства – «качество» и «экономичность».

Во-вторых, свойства бывают **простые** (элементарные, неделимые). Например, длина или ширина какого-то прямоугольного сооружения.

И, в-третьих, кроме сложных и простых, в дереве свойств могут присутствовать и так называемые **квазипростые свойства**. Это такие свойства, которые, в силу того, что они являются сложными, могут быть разделены на группу менее сложных свойств. Например, свойство «плотность» можно разделить на группу свойств – ширина, длина и высота, их произведение – объем – сложное свойство; масса – простое свойство; масса, деленная на объем – плотность – сложное свойство. Однако его можно принять за простое свойство. Следовательно, плотность вещества по своей сути есть сложное свойство, которое можно принять за квазипростое свойство.

При таких обстоятельствах подобное сложное свойство на дереве свойств нет необходимости делить (декомпозировать). В связи с этим, в дереве свойств оно условно изображается не как сложное (то есть разветвляющееся), а как простое (не разветвляющееся) свойство. Отсюда и название – квазипростое (то есть якобы простое) свойство.

В дереве свойств качество, как наиболее сложное (не считая интегрального качества) свойство, рассматривается как ствол дерева, обычно условно считающийся расположенным на 0-ом ярусе дерева. Это сложное свойство делится (декомпозируется) на следующем ярусе на менее сложные свойства, каждое из которых, в свою очередь, делится на еще менее сложные свойства и т.д. Причем, свойства более низкого, $(k - 1)$ -го яруса являются обобщающими для соответствующих свойств последующего, k -го яруса ($k = 1, 2, \dots, m$, где m – номер самого высокого (последнего) яруса дерева свойств).

Для относительно простых объектов (например, качество жизни в санатории) $m = 4, \dots, 7$. Для сложных объектов (например, качество детали) $m = 8, \dots, 12$. Для самых сложных объектов (качество сборочной единицы) $m \leq 25$.

Кроме приведенных выше, при использовании деревьев свойств применяют и другие термины. Например:

Группа свойств – это совокупность менее сложных свойств, на которую непосредственно раскладывается сложное свойство.

Высота дерева – это общее количество ярусов в дереве.

Полное дерево – это такое дерево, на самом высоком ярусе которого расположены только простые или квазипростые свойства.

Неполное дерево – дерево, у которого на самом высоком ярусе k ($k = \overline{1, m-1}$) могут находиться и сложные свойства.

Поддерево – любая ветка дерева, простирающаяся не меньше, чем на два яруса.

Усеченное дерево – такое полное или неполное дерево, у которого, в соответствии со спецификой конкретной, решаемой с помощью дерева задачи, можно исключить одно или несколько свойств или поддеревьев.

Два следующих понятия и термина относятся к таким объектам (условно назовем их «особыми»), применительно к которым правомерно говорить о качестве машины, но которые встречаются на практике по необходимости и редко. К таким объектам относятся, например, временные упаковки для транспортировки машины;

Свойства назначения – поддерево, содержащее в себе все те свойства, которые характеризуют назначение объекта, его основную функцию, то, для чего этот объект был произведен. Например, для автомашины к свойствам назначения относятся свойства «приспособленность к перевозке грузов и людей»; для приборов – «приспособленность для измерения технических параметров».

Для объектов, в отношении которых правомерно ставить вопрос о «качестве», но не относящихся к категории «особых» и, соответственно, встречающихся на практике неизмеримо чаще, к свойствам назначения относятся такие свойства, которые влияют на функционирование сооружения (машины), в совокупности образуют понятие «качество машины». В связи с этим, применительно к таким объектам термин «свойства назначения» можно не применять.

Дерево общих свойств – такое неполное дерево, свойства которого представляют собой совокупность всех свойств всех особых объектов данного класса (например, изделия машиностроения), но не включают те свойства, которые в совокупности составляют конкретизированные свойства назначения отдельных изделий.

8.6. Технологические особенности изготовления деталей машин

Методы и приемы обработки изделия на технологичность различаются по ряду особенностей их изготовления. Обработку конструкции изделия на технологичность по показателям ресурсоемкости (трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости) при выполнении опытно-конструкторских работ необходимо проводить на основе комплексного использования специальных методов и

приемов конструирования, обеспечивающих технологическую рациональность и преемственность конструкции изделия. Инженерно-квалиметрический метод исходит из следующих технологических особенностей:

- показатели технологичности определяются для расчетов технико-экономических показателей, обеспечивающих целевые требования прогнозных задач стратегического планирования;
- обязательность аналога-изделия с полным и детальным описанием технологии изготовления (заготовки, оборудование, технологическая оснащенность, энергетические издержки, трудозатраты, структура технологических операций, система управления производством, связи по кооперации и т.д.);
- определение типа производства (опытно-экспериментальное, установочная серия, серийные партии по заказам, крупносерийное производство);
- прогнозные по годам количества изделий для обеспечения действующих и прогнозируемых заказчиков.

Каждое изделие машиностроения является системным образованием как конечный результат производства (машины, приборы, оборудование, средства механизации и автоматизации и др.), так и их составные части, конструктивные элементы и материалы. Каждая деталь, отдельно взятая как объект исследования, для ее производства представляет совокупность взаимосвязанных конструктивных элементов, которые в сочетании должны быть технологически рациональны по показателям ресурсоемкости.

Отмеченное требование необходимо учитывать при разработке дифференцированных методов анализа технологичности конструкции. Обобщенная примерная классификация факторов, учитываемых при инженерно-квалиметрическом проектировании, дана в таблице 8.1.

В инженерно-квалиметрическом проектировании стратегических задач необходимо предварительно исключить влияние социально-экономических парадигм и условно принять квалиметрический показатель внешней среды $K_{в.с.} = 1,0$. Изложенные в таблице 8.1 факторы для их учета в проектных расчетах требуется отразить в количественных параметрах. В качестве показателей, в наибольшей степени охватывающих факторы технологических особенностей, выделяются квалиметрические показатели:

1. Преемственность конструкции изделия – $K_{пр.к.}$;
2. Тип производства предприятия (его подразделения), принятого в качестве изготовителя изделия – $K_{т.п.}$;
3. Серийность производства конкретного изделия – $K_{п.}$;
4. Кооперированные связи в производстве изделия – $K_{к.с.}$;
5. Специализация рабочих мест и производственных подразделений – $K_{с.}$;
6. Насыщенность предприятия производственным оборудованием – M ;

Таблица 8.1 – Факторы технологических особенностей, учитываемых при расчетах ресурсоемкости производства

Группы факторов	Классы факторов			
	1. Конструктивные	2. Технологические	3. Организационные	4. Социально-мотивированные
	1.1. Конструктивные схемы изделий	2.1. Технологические виды работ и их удельный вес в общей трудоемкости	3.1. Тип производства	4.1. Общий культурно-технический уровень работающих
	1.2. Габаритные размеры изделия	2.2. Основное оборудование и удельный вес отдельных его групп	3.2. Степень кооперации и специализации производства	4.2. Квалификационный разряд работников
	1.3. Масса изделия	2.3. Количество автоматических и полуавтоматических линий, их удельный вес	3.3. Количество изделий, выпускаемых в месяц	4.3. Разносторонность производственных навыков работающих
	1.4. Техничко-эксплуатационная характеристика (скорость, мощность, грузоподъемность и др.)	2.4. Степень автоматизации и механизации производства	3.4. Количество изделий в серии или партии заказа	4.4. Квалификация инженерно-технических работников
125	1.5. Количество конструктивных элементов (деталей, сборок и др.)	2.5. Оснащенность технологического процесса инструментами и приспособлениями	3.5. Количество изделий, выпущенных с начала производства	4.5. Трудовая дисциплина
	1.6. Количество покупных (готовых) изделий	2.6. Применяемые заготовки	3.6. Ритмичность производства	4.6. Подготовка и повышение квалификации работников
	1.7. Количество нормализованных изделий	2.7. Квалификационный ряд	3.7. Удельный вес технических обоснованных норм трудозатрат	4.7. Социально-экономические парадигмы (организационно-правовые формы предпринятия, государственные нормативно-правовые требования, банковская система, общия рыночная среда)
	1.8. Применяемые материалы		3.8. Система оплаты труда	4.8. Условия ценообразования и реализации продукции
	1.9. Требования к точности и чистоте обработки		3.9. Внутрипроизводственная конкурентная среда	
			3.10. Использование производственной мощности	

7. Энергетическая мощность предприятия по установленной и регистрируемой потребности – $\mathcal{E}_п$;
8. Технологическая оснащенность производства изделия – $T_{ос}$;
9. Прогрессивность применяемых заготовок – $K_{пз}$;
10. Структура технологических операций в производстве изделия и его отдельных деталей – $K_{роп}$;
11. Прочностные характеристики основных материалов, из которых изготавливаются изделия – $K_м$;
12. Состояние производственной дисциплины;
13. Общий квалиметрический параметр детали, сборочной единицы и изделия;
14. Режим работы производственного подразделения;
15. Производственная мощность.

Комплекс перечисленных показателей необходимо отразить в «Производственном паспорте предприятия (цеха, участка, бригады и т.п.).

Глава 9. Факторный анализ квалиметрических параметров производства деталей машин

9.1. Материально-вещественное содержание геометрической формы детали

Все тела разнородны по своей материально-вещественной сущности. В машиностроении детали изготавливаются из множества конструкционных материалов, подразделяющихся на металлические: сплавы на основе железа, никеля, меди, алюминия, магния, титана, молибдена, вольфрама и др.; неметаллические: пластичные массы, керамика, огнеупоры, стекло, резина, древесина, бетоны, некоторые горные породы; композиционные материалы, образованные объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними: волокнистые – пластик, слоистые, дисперсно-упрочненные – все они в основном изготавливаются методом порошковой металлургии.

В методологии инженерно-квалиметрического моделирования производства преимущество имеют конструкционные материалы, из которых изготавливаются детали машин методом резания материалов на металлорежущих станках. Здесь необходимо исходить из достижений теории резания и практики металлообработки. Представляет определенный интерес история возникновения самой теории резания, которая была разработана на основе изучения производственной практики Ф.У. Тейлором.

9.2. Из истории факторного анализа в теории резания

Результаты исследовательской деятельности инженера Фредерика Уинслоу Тейлора (1856-1915) вошли в мировую классику организации управления предприятиями. Методы и методики Ф.У. Тейлора составили существенную научно-практическую часть общемировой системы экономической метрологии. Конечно, сам Тейлор не называл свои методические подходы к количественным представлениям изучаемых явлений экономики труда метрологией и тем более квалиметрией – измерением качества. Однако с позиций современности можно с уверенностью представлять опыты по резанию металлов как **начало квалиметрического моделирования производства деталей машин**. В этом можно убедиться из приводимой выдержки его книги «Принципы научного менеджмента». (Тейлор Ф.У. Научная организация труда. М.: НКПС-Транспечать, 1924. Переиздание: Тейлор Ф.У. Принципы научного менеджмента. М.: Контроллинг, 1991):

«...При научной системе управления точные научные знания и методы должны повсюду, рано или поздно, сменить традиционные навыки практики, тогда, как при старых системах управления организация производства в соответствии с научными законами представляется совершенно невозможной».

Продолжение пятого примера: искусство резать металлы. Развитие искусства или науки резания металлов является превосходной иллюстрацией этого утверждения. В конце 1880 г. приблизительно в то же самое время, когда автор предпринял описанные выше опыты для определения надлежащей дневной производительности рабочих грубого физического труда, он получил также разрешение от м-ра Вилльяма Селлерса, президента Мидвэльской Стальной Компании, на производство ряда экспериментов, для определения того, какие углы резания и формы резцов являются наивыгоднейшими для резки стали, а также для определения надлежащих скоростей резания стали. В тот момент, когда автор только приступал к производству этих опытов, он предполагал, что они будут продолжаться не более полугода, и, действительно, если бы заранее было известно, что на производство их потребуется значительно более долгий период времени, разрешение на затрату крупных сумм для этого дела вряд ли было бы им получено.

Первой машиной, над которой производились эти эксперименты, был карусельный токарный станок с планшайбой в 66 дюймов в диаметре. На этом станке непрерывно, день за днем, снималась стружка с больших паровозных бандажей, сделанных из твердой стали однородного качества. Таким образом, мы постепенно устанавливали надлежащий способ изготовления, надлежащую форму и условие применения резцов, при которых они давали бы максимально быстрый темп работы. По истечении полугода мы имели достаточное количество новых практических сведений, чтобы с избытком возместить затраты на материалы и заработную плату, которые были сделаны для ведения этих опытов. И все же то сравнительно небольшое число экспериментов, которое мы успели произвести, послужило, главным образом, только для уяснения того, что достигнутые результаты составляли лишь очень небольшую долю тех знаний, которые еще требовалось приобрести и в которых мы постоянно нуждались при наших повседневных попытках к оказанию руководства и помощи нашим рабочим-механикам в выполнении ими заданных им уроков.

Эксперименты в этой области продолжались с небольшими случайными перерывами в течение периода в 26 лет. За это время нами было специально приспособлено для опытов около десяти различных машин. Было тщательно запротоколировано от 30000 до 50000 отдельных опытов и было произведено еще множество не запротоколированных экспериментов. При установлении относящихся сюда законов, резцами опытных машин было снято более 800000

фунтов стальной и железной стружки и, по приблизительному подсчету, на все производство исследований было затрачено от 150000 до 200000 долларов.

Подобного рода исследования представляют выдающийся интерес для всякого человека, любящего научные изыскания. В отношении задач настоящей книги следует, однако, определенно помнить, что побудительной причиной для производства этих опытов в течение многих лет, а также источником денег и фактической возможности их осуществления, были не абстрактные поиски теоретического научного знания, но весьма настоятельная практическая нужда в точных сведениях, необходимых нам каждый день для оказания помощи нашим рабочим-механикам в целях производства ими работ наилучшим образом и в кратчайший срок.

Цель всех этих экспериментов – дать нам правильный ответ на два вопроса, которые встают перед лицом каждого механика всякий раз, как он делает какую-либо работу на машине для резания металлов: на токарном, фрезерном, строгальном станке и т. п. Эти два вопроса гласят: для производства работы с максимальной скоростью

с какой скоростью резания следует пускать станок? и
какова должна быть величина подачи?

Эти вопросы звучат так просто, что разрешение их как будто требует лишь личного суждения любого опытного механика. В действительности же, после 26-ти лет работы, мы установили, что ответ на эти вопросы в каждом отдельном случае предполагает разрешение сложной математической задачи, где приходится установить совместный эффект двенадцати независимых переменных,

Каждая из двенадцати переменных, приведенных ниже, имеет существенное значение для результата. Цифры, приведенные для каждой из переменных, означают влияние данного отдельного элемента на скорость резания. Так, например, для первой переменной (А) мы нашли, что «отношение составляет 1, для полутвердой стали, к 100, для очень мягкой малоуглеродистой стали». Смысл этого утверждения тот, что мягкая сталь режется в 100 раз быстрее, чем твердая сталь. Цифровые крайние отношения, которые указываются нами для каждого из этих двенадцати элементов, означают, таким образом, ту широкую амплитуду выбора, которая практически в прежнее время вставала перед каждым механиком при определении им наивыгоднейшей скорости и величины подачи в работе его станка.

Вот эти двенадцать переменных:

1. **Качество металла, подлежащего обработке**, то есть его твердость и иные свойства, влияющие на скорость резания. Отношение составляет 1, для полутвердой стали, к 100, для очень мягкой малоуглеродистой стали.

2. Химический состав стали, из которой сделан резец и закалка резца. Отношение составляет 1, для резцов из твердой углеродистой стали, к 7, для наилучших быстрорежущих резцов.

3. Толщина стружки, то есть спиральной полосы или ленты металла, снимаемой резцом. Отношение составляет 1, при толщине стружки в $\frac{3}{16}$ дюйма, к 3,5, при толщине стружки в $\frac{1}{64}$ дюйма.

4. Форма или контур режущего лезвия резца. Отношение составляет 1, для прямого, к 6, для круглого лезвия резца.

5. Способ охлаждения резца при помощи обильной струи воды или же иного охлаждающего средства. Отношение составляет 1, для резца, работающего всухую, к 1,41, для резца, охлаждаемого обильной струей воды.

6. Глубина резания. Отношение составляет 1, при глубине в $\frac{1}{2}$ дюйма, к 1,36, при глубине в $\frac{1}{8}$ дюйма.

7. Продолжительность резания, то есть промежуток времени работы резца от одной заточки до другой. Отношение составляет 1, при заточке через каждые полтора часа, к 1,20, при заточке через каждые 20 минут,

8. Углы резания. Отношение составляет 1, под углом резания в 68 градусов, к 1,023, под углом резания в 61 градус.

9. Эластичность обрабатываемого изделия и резца в отношении дрожания при работе. Отношение составляет 1, при дрожании резца, к 1,15, при гладкой работе резца.

10. Диаметр отливки или поковки, подвергаемой обработке.

11. Давление стружки на режущую поверхность резца.

12. Изменения движущей силы и величин скорости и подачи станка.

Многим, быть может, покажется чрезмерным то, что потребовалось целых 26 лет работы для определения влияния каждой из этих двенадцати переменных на скорость резания металлов. Люди же, имевшие личный опыт в производстве подобных экспериментов, легко поймут, что главная трудность задачи заключается в том, что она содержит такое большое количество переменных. И действительно, громадное количество времени, затраченное на производство каждого отдельного эксперимента, было обусловлено именно трудностью сохранения остальных одиннадцати переменных постоянным и неизменными в течение всего хода эксперимента, в то время как производилось изучение двенадцатой переменной. Это сохранение постоянными одиннадцати переменных было неизмеримо более трудным, чем самое исследование двенадцатой.

По мере того, как производилось исследование влияния на скорость резания, одной за другой, каждой из этих двенадцати переменных, для возможности практического использования полученных сведений необходимо было

найти математические формулы, которые выражали бы в сжатой форме законы, выясненные в результате экспериментов. В качестве примеров из установленных двенадцати формул мы приведем следующие три:

$$P = 45,000 \ D \frac{14}{13} F \frac{3}{4}.$$

$$V = \frac{90}{T \frac{1}{3}}.$$

$$V = \frac{11,9}{F^{0,665} \left(\frac{48}{3} D \right)^{0,2373 + \frac{2,4}{18+24D}}}.$$

После того, как эти законы были таким образом открыты и выражавшие их математические формулы были зафиксированы, перед нами все же оставалась трудная задача добиться настолько быстрого разрешения каждой из этих математических проблем, которое позволило бы использовать их в практической ежедневной работе. У человека с хорошей математической подготовкой попытка найти правильное решение на основе этих формул в каждом данном случае (что равносильно практическому нахождению правильной скорости, и величины подачи при обычной организации работы) должна отнять, примерно, от двух до шести часов на разрешение каждой отдельной задачи, то есть значительно больше времени на решение математических проблем, чем то, которое тратится в большинстве случаев рабочим на выполнение самой работы на своем, станке. Таким образом, стоявшая перед нами задача значительной трудности заключалась в нахождении способа быстрого разрешения соответствующих математических проблем. По мере того, как мы делали успехи в этом направлении, весь вопрос в совокупности, от времени до времени, представлялся автором на рассмотрение известных математиков нашей страны, одного за другим. Мы предлагали им какое угодно разумное вознаграждение за нахождение быстрого и практичного метода решения этих математических задач. Некоторые из этих господ бросали только поверхностный взгляд на представленные нами данные; другие, желая быть любезными, оставляли их у себя в течение двух или трех недель. Все они, в конце концов, давали нам один и тот же ответ: во многих случаях вполне возможно решить уравнения, содержащие четыре переменных, а в некоторых случаях и уравнения с пятью или шестью переменными, но совершенно невозможно решить задачу, содержащую двенадцать переменных, каким-либо иным путем, кроме метода медленного и последовательного приближения.

Нахождение возможности быстрого решения представлялось, однако, столь настоятельно необходимым для нашей каждодневной работы пооргани-

зации управления заводами машиностроительной промышленности, что, несмотря на слабое одобрение, полученное нами от математиков, мы продолжали с нерегулярными перерывами в течение пятнадцати лет посвящать очень много времени поискам такого простого решения. Четыре или пять человек в различные периоды времени отдавали весь свой рабочий день производству этих изысканий, и в конце концов, в период нашей работы у Вифлеемской Стальной Компании была разработана счетная линейка, иллюстрированная на чертеже №11 нашей книги «Искусство резать металлы» и подробно описанная в докладе, представленном м-ром Карлом Дж. Бартом Американскому Обществу инженеров-механиков под заглавием «Счетные линейки для заводов машиностроительной промышленности, как элемент Тэйлоровской системы управления». (Т.ХХV Трудов Американского Общества инженеров-механиков). Посредством этой счетной линейки любая из этих сложных проблем может быть решена менее чем в полминуты каждым хорошим механиком, независимо от того, понимает он что-нибудь в математике или нет. Это дало возможность применить к каждодневной заводской практике результаты наших многолетних опытов по искусству резать металлы.

Это представляет хорошую иллюстрацию того факта, что всегда можно найти какой-нибудь способ жизненного использования в повседневной практике сложных научных данных, которые представляются находящимися за пределами опыта и объема технической подготовки обыкновенных практических работников. Эти счетные линейки уже в течение ряда лет находятся в непрерывном ежедневном пользовании у простых рабочих-механиков, не имеющих никакого понятия о математике.

Простой взгляд на сложные математические формулы, выражающие законы резания металлов, с ясностью показывают причину невозможности для любого механика, основывающегося только на своем личном опыте и незнакомого с этими законами, правильно угадать наилучшее решение обоих основных вопросов:

с какой скоростью работать и
какова должна быть величина подачи,

даже если бы он и выделял одну и ту же часть машины постоянно в течение долгого времени.

Если вернуться к нашему механику, работавшему над изготовлением одних и тех же изделий в течение десяти-двенадцати лет, то имелся лишь очень небольшой шанс по отношению к каждому из различных родов работы, им выполнявшихся, чтобы он напал именно на единственный наивыгоднейший способ производства каждого данного рода работы из тех сотен возможных способов, которые находились в его распоряжении. При рассмотрении этого типического

случая следует также помнить, что металлообрабатывающие машины на всех наших машиностроительных заводах были построены в отношении возможных скоростей работы наугад, а отнюдь не на основе точных сведений, полученных в результате изучения искусства резать металлы. На всех машиностроительных заводах, которые были нами последовательно реорганизованы, мы выяснили, что не было даже одной машины из ста, которая была бы построена в отношении скорости работы хотя бы сколько-нибудь близко к надлежащим скоростям резания...».

Из довольно большого, но весьма поучительного отрывка работы Ф.У. Тейлора становится понятной сущность квалиметрической модели технологии производства деталей машин.

Разберемся в сути приведенных Ф.У.Тейлором формул. В них даются математические выражения:

1. Усилие резания $P = A_p \times f(D, F)$,

где P – усилие резания; A_p – численно выраженная постоянная для группы технологических операций с резанием сталей; D – диаметр обрабатываемой детали; F – поперечное сечение снимаемой стружки.

2. Скорость резания $V = A_T \times f(T)$,

где V – скорость резания, зависящая от стойкости режущего инструмента; T – стойкость резца; A_T – постоянная величина стойкости материала режущего инструмента.

3. Скорость резания $V = A_m \times f(D, F)$,

где V – скорость резания, зависящая от материала детали (марка материала, твердость и пределы прочности); A_m – постоянная величина, характеризующая обрабатываемость принятого за базу материала детали; D – диаметр детали; F – площадь поперечного сечения.

Со времен Ф.У.Тейлора прошло более 100 лет, но сущность взаимосвязей в резании металлов осталась неизменной, она составила фундамент широко развитой теории и методологии технологии машиностроения, без которой невозможно представить управление промышленностью, да и всей жизнью общества.

Современная технология машиностроения в ее разделе «Теория резания» позволяет научно-достоверно количественно представить два существенных в нашей методологии показателя: квалиметрический показатель материала детали и квалиметрический показатель шероховатости обрабатываемой поверхности.

9.3. Квалиметрический показатель материала детали

Развитие теории резания позволило практике машиностроительного производства создать многоаспектные нормативы определения параметров технологии изготовления деталей, среди которых для нашего инженер-

но-квалиметрического моделирования существенное значение приобретают нормативные величины, используемые при расчете штучно-калькуляционного времени обработки:

$$t_{\text{шт.к}} = t_o + t_v + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{лн}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}}, \quad (9.1)$$

где t_o – основное технологическое время; t_v – вспомогательное время; $t_{\text{тех}}$ – время технического обслуживания рабочего места; $t_{\text{орг}}$ – время организационного обслуживания рабочего места; $t_{\text{отд}}$ – время на отдых; $t_{\text{лн}}$ – время на личные надобности; $t_{\text{пз}}$ – время на подготовительно-заключительные приемы; $n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии.

Для квалиметрического анализа взаимосвязей факторов технологического преобразования обрабатываемого материала важно рассмотреть в формуле нормирования штучного времени показатель t_o – основное технологическое время. Для каждого вида обработки материала (токарная, сверлильная, фрезерная, шлифовальная и т.п.) формула расчета основного технологического времени выполнения операции имеет свои особенности. Рассмотрим токарную обработку, для которой основное машинное время:

$$t_o = \frac{L}{n \times S_o} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \times S_o}, \quad (9.2)$$

где L – длина пути инструмента в направлении подачи, м; определяется как сумма: l – длина обрабатываемой поверхности, l_1 – длина врезания инструмента, l_2 – длина перебега инструмента; n – число оборотов обрабатываемой детали, закрепленной в патроне токарного станка, об/мин.; S_o – подача резца, мм/об.

Произведение числа оборотов детали n и подачи инструмента (резца) S_o на один оборот при определенной величине глубины (толщины) снимаемого металла дает объем снимаемого металла (стружки) с заготовки, имеющей определенную марку материала.

Это же произведение позволяет вычислить и величину скорости резания:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000}, \quad (9.3)$$

где D – диаметр обрабатываемой детали, мм, n – число оборотов вращения детали, об/мин.; $\pi \approx 3,14$.

Со времен Ф.У.Тейлора по настоящее время во всем мире ученые и практики производства машин накопили огромное количество экспериментальных данных, которые позволили создать нормативные справочники режимов обработки различных материалов на металлорежущем оборудовании, включая современные станки с числовым программным управлением и ро-

боты-автоматы. Подготовлены стандартные подходы и методы проектирования режимов резания по отдельным технологическим операциям и видам материалов.

Созданы специальные методики расчета скоростей резания и вычисления норм машинного (технологического) времени обработки в зависимости от комплекса технологических параметров. Методические пособия по использованию справочников нормативов резания позволяют создать укрупненные методы нормирования рудоемкости производства деталей машин, о чем свидетельствуют рекомендации, изложенные в книге «Справочник. Режимы резания металлов». М.: Машиностроение, 1972.

Рассмотрим в качестве примера «Скорость резания». Карта С-4. Обработка стали (таблица 9.1).

Табличные значения скоростей резания $v_{\text{табл}}$ изменяются в зависимости от вида обработки (сверлении, зенкерования, цекования, зенкования). Кроме того, значения стандартизованных скоростей резания по своим числовым показателям зависят от величин обрабатываемых размеров (обрабатываемый диаметр) и подачи инструмента на один оборот.

Название скоростей резания «Табличная» связано с определенным материалом обрабатываемой детали, в качестве которого приняты марки сталей (10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50), имеющих твердость обрабатываемой поверхности по Бриннелю $HВ = 150 \div 207$ единиц. Марки хромистых сталей (15Х; 20Х; 30Х; 35ХА; 40Х) при той же твердости поверхности ($HВ = 150 \div 207$). Табличные значения скоростей резания уменьшаются на определенную экспериментальными величину.

В таблице С-4 даны 5 видов примечаний с рекомендациями применения поправочных коэффициентов к табличным значениям стандартизованных величин скоростей резания:

1. Для инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности табличные значения умножать на 1,2.
2. Для сверл-разверток скорости резания назначить по разверткам.
3. При зенкеровании твердосплавным инструментом табличные значения повышать в $2,5 \div 3,0$ раза.
4. Для сверл с двойной заточкой скорости резания повышать на 15%.
5. При зенкеровании стального литья по корке скорости резания понижать на 25%.

Таблица 9.1 – Скорость резания. Карта С-4. Обработка стали

При сверлении, цековании и зенковании $v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента; K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру

Угол при																
S _o , мм/об	сверлении													зенковании		цекова- нии и зенкова- нии
	Обрабатываемый диаметр, мм															
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	до 20	20-40	>40		
До 0,06	22	26	32	36	40	44									22	
0,1		20	24	27	30	32	36	40	44	50	55	46	54	60	22	
0,15			21	23	25	27	30	33	36	40	44	38	42	50	20	
0,2			18	19	22	23	26	29	32	34	38	33	38	43	18	
0,3				16	18	19	22	24	26	29	31	26	30	35	17	
0,4						17	19	21	23	24	26	23	26	30	16	
0,6								17	18	20	22	20	22	24	14	
0,8											18	16	19	21	—	
1,0													17	19	—	

Примечания:

1. Для инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности табличные значения умножать на 1,2.
2. Для сверл-разверток скорости резания назначать по разверткам.
3. При зенковании твердосплавным инструментом табличные значения повышать в 2,5-3 раза.
4. Для сверл с двойной заточкой скорости резания повышать на 15%.
5. При зенковании стального литья по корке скорости резания понижать на 25%.

Кроме того, рекомендуются практические расчеты скорости резания определять по формуле

$$V = V_{\text{табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (9.4)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала ($1 \div 0,55$); K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента ($1,25 \div 0,7$); K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру ($1 \div 0,8$).

Три коэффициента представляют общую характеристику всех видов технологических операций по резанию металлов и даже не металлов, хотя числовые величины имеют разные значения в зависимости от типов операций.

С позиций инженерно-квалиметрического моделирования главный вывод состоит в том, что как «патриарх» резания Тейлор и все его последователи (их уже тысячи) объективно представляют технологов-квалиметрологов, то есть ученых и деятелей-практиков, разрабатывающих методы измерения качества производственных процессов. Основаниями для такого вывода являются:

во-первых, в обобщении массы практических испытаний (опыта) используется древний метод познания – метод аналогий;

во-вторых, в основе обобщения множества экспериментов для каждого отдельного типа преобразования свойств принята базовая величина, обозначаемая единицей;

в-третьих, составлена иерархическая структура («дерево»), в которой взаимосвязи представлены аналитическими зависимостями;

в-четвертых, построены шкалы для количественного представления изменения значений свойств от их базовых значений, принятых за единицу измерения;

в-пятых, выработаны приемлемые математические процедуры для представления обобщенных координат изучения единичных свойств и их обобщения в завершающей ступени «дерева» свойств.

Перечисленные этапы исследования есть не что иное как методологическая сущность количественного представления качества производства деталей машин. Здесь вполне уместно отметить, что квалиметрия как количественное представление (измерение) качества формировалось не сегодня, а далеко в прошлом, она получила научный статус только во второй половине XXв.

Богатейший опыт, накопленный исследователями, позволяет сформулировать задачи квалиметрического анализа производства деталей машин на разных стадиях их проектирования и прежде всего на стадиях проектирования рабочих чертежей деталей.

Для количественного анализа влияния материала детали на трудоемкость производства воспользуемся рекомендациями, приведенными в упомянутом

«Справочнике». (Справочник. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. С.253. «Приложения. Дополнительные данные по режимам резания. Приложение 1. Коэффициенты обрабатываемости сталей.») Авторы указывают: «Коэффициенты обрабатываемости K_m , характеризующие ориентировочное соотношение между скоростями резания для различных металлов, даны в зависимости от марки материала детали и ее твердости при точении, сверлении, зенковании и фрезеровании твердосплавными инструментами и из быстрорежущей стали». За исходное значение скорости резания принято ее значение при обработке углеродистой стали твердостью НВ 207. Значения этой скорости резания приведены в соответствующих разделах справочника. Там же даны значения коэффициентов для наиболее широко применяемых сталей. В остальных случаях рекомендуется пользоваться формулой для скорости резания сталей:

$$V = V_{исх} \times K_m, \quad (9.5)$$

где $V_{исх}$ – скорость резания по нормативам для углеродистой стали твердостью НВ 207; K_m – коэффициент обрабатываемости стали; $K_m = K_{ГР} \times K_n$; $K_{ГР}$ – коэффициент обрабатываемости по группе; K_n – коэффициент обрабатываемости по твердости.

Рекомендуются коэффициенты обрабатываемости, обобщенные для группы сталей и применяемые для комплекса видов обработки. Приведем рекомендуемые значения величин $K_{ГР}$ и K_n . (Из Барановского. С.253. Таблица коэффициентов $K_{ГР}$).

Таблица 9.2 – Коэффициенты обрабатываемости материалов ($K_{ГР}$)

Сталь	Марки стали	Материал инструмента	
		быстрорежущая сталь	твердый сплав
1	2	3	4
Автоматная	A12, A20, A30, A40	1,2	1,1
Углеродистая	08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	1,0	1,0
Марганцовистая	15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 60Г, 65Г, 70Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2	0,9	0,75
Хромистая	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х, 12Х3	0,85	0,95
Хромоникелевая	20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 12ХН2А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3, 37ХН3А, 12Х2Н4, 12Х2Н4А, 20Х2Н4, 20Х2Н4А	0,8	0,9

1	2	3	4
Хромомарганцовистая	20ХГ, 35ХГ2	0,7	0,8
Хромокремнистая	33ХС, 38ХС, 40ХС	0,7	0,8
Хромованадиевая	15ХФ, 20ХФ, 40ХФА, 50ХФА	0,85	0,8
Хромомолибденовая	20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 35Х2МА	0,8	0,85
Хромоалюминиевая	35хюа	0,75	0,8
Хромокремнемарганцовистая	20ХГС, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 38ХГС, 38ХГСА	0,7	0,8
Хромоникельмолибденовая	18Х2Н3МА, 18Х2Н4МА, 20ХНМ, 20Х2Н2М, 40ХНМА	0,7	0,8
Хромоникельвольфрамовая	25ХНВА	0,8	0,85
Хромоникельванадиевая	20ХНФА	0,75	0,85
Хромоникельмолибденованадиевая	35ХМФА	0,8	0,9
Хромомолибденоалюминиевая	38ХМЮА	0,7	0,8

Таблица 9.3 – Коэффициент обрабатываемости по твердости (K_n)

Материал инструмента и вид обработки	K_n при твердости обрабатываемого материала НВ											
	156	179	187	197	207	217	229	255	285	321	332	375
I. Быстрорежущая сталь:												
точение	1,55	1,25	1,15	1,10	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60	0,50	0,50	0,40
сверление и зенкерование	1,30	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75	0,65	0,65	0,60
фрезерование	1,35	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,75	0,60	0,50	0,45	0,35
II. Твердый сплав	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65	0,65	0,35

Обобщение многолетнего опыта и «тысяч и тысяч» экспериментальных данных позволили технологам-машиностроителям сгруппировать разнородные материалы по их значимости в общую систему количественных оценок обрабатываемости материалов и предложить шкалу их дискретного (существенного) изменения от базовой величины обрабатываемости сталей, принятой за единицу. Как видно из таблицы «Коэффициенты обрабатываемости сталей» (углеродистая 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50) в качестве базовых получили $K_{ГР} = 1,0$, самый высокий $K_{ГР} = 1,2$ для автоматных сталей и самый низкий $K_{ГР} = 0,7$ для стали марки 38ХМЮА (хромо-молибдено-алюминиевая высококачественная).

В другой таблице коэффициенты обрабатываемости K_n ранжированы по твердости обрабатываемой поверхности от НВ 207, которому в шкале качества

обрабатываемости присвоен базовый коэффициент $K_n = 1,00$, наивысший $K_n = 1,55$ для поверхности с HB = 156 и самый низкий $K_n = 0,4$ для поверхности с HB = 375.

Инженерно-квалиметрическим методом нами исследуется влияние различных факторов производства на величину технологической трудоемкости, следовательно, необходимо рассмотреть значение коэффициентов обрабатываемости материала $K_m = K_{ГР} \times K_n$ в расчетах времени технологической операции. Как уже было показано ранее, штучно-калькуляционное время существенно зависит от скорости $V_{рез}$ и его составных аргументов: числа оборотов вращения детали в процессе снятия стружек « n », подачи инструмента на один оборот « s » и глубины резания за один проход инструмента « z ». Вернемся к формуле расчета основного технологического времени t_o :

$$t_o = \frac{L}{n \times S_o} . \quad (9.6)$$

В этой формуле длина L в мм является величиной, объективно заданной размером на чертеже, которую неизбежно надо будет пройти инструментом, изготовленным из углеродистой или быстрорежущей стали или твердого сплава.

Коэффициенты обрабатываемости K_n , как видно из их значений, количественно привязаны к видам режущего инструмента. Режимы резания ($n, S_o, V_{рез}$) снижаются от углеродистой стали до твердого сплава.

Рассмотрение режимов резания, исходя из материала обрабатываемой поверхности детали, также дают основание к утверждению о том, что число оборотов вращения детали (n), подача инструмента на один оборот (S_o), глубина резания (z) и, следовательно, скорость резания ($V_{рез}$) для мягких сталей выше, чем для более твердых и легированных сталей.

Приведенные здесь рассуждения позволяют сделать выводы:

1. Совокупность всех коэффициентов, разработанных многолетней деятельностью инженеров-механиков является свидетельством формирования ими научного раздела технологии машиностроения, связанного с безразмерной количественной характеристикой различных свойств материалов и процессов их преобразования.

2. Предложен метод математической процедуры обобщения конкретных разноразмерных факторов, участвующих в формировании качества процессов технологии обработки материалов.

3. Процедура умножений опытом данных (рассчитанных) скоростей резания (м/мин) на безразмерные коэффициенты открывает путь для обобщения отдельных проявлений в общую научную концепцию, не укладывающуюся в систему правил международно-признанной, законодательно действующей метрологии и международной системы единиц. В самом деле, рассмотрим, как будет выглядеть формула скорости резания:

$$V_{\text{рез}} = V_{\text{табл}} \times K_{\text{ГР}} \times K_n, \quad (9.7)$$

если $V_{\text{табл}} = 50$ м/мин, $K_{\text{ГР}} = 1$, $K_n = 1$, то $V_{\text{рез}} = 50$ м/мин, то есть не изменилось в численном выражении.

Изменение коэффициентов обрабатываемости изменяют соответственно и значение $V_{\text{рез}}$. Например, $V_{\text{табл}} = 50$ м/мин, коэффициенты $K_{\text{ГР}} = 0,7$, $K_n = 1,55$. В этих условиях скорость резания $V_{\text{рез}} = V_{\text{табл}} \times K_{\text{ГР}} \times K_n = 50 \times 0,7 \times 1,55 = 54,25$. Технолог-механик выберет табличные значения скоростей резания и марки материала обрабатываемой поверхности, зафиксирует режимы обработки (число оборотов – n , подачу на оборот – S_o , глубину резания – z) и включит их в алгоритм расчетов для прогнозирования показателя технологичности по разрабатываемому чертежу детали.

Таким образом, инженер составит количественный ряд принятых условий к базовому технологическому процессу. Затем выполнит определенные расчеты для системной организации совокупности отдельных единичных процессов труда, например, рассчитает параметры трудоемкости производства детали, сборочной единицы, узла, всей машины.

Какие преобразования произойдут в расчете основного технологического времени (t_o) обработки изделия на одном рабочем месте с единичной технологической операцией. Вернемся снова к формуле

$$t_o = \frac{L}{n \times S_o \times K_{\text{ГР}} \times K_n} = \frac{L \times \frac{1}{K_{\text{ГР}}} \times \frac{1}{K_n}}{n \times S_o} = \frac{L}{K_{\text{ГР}} \times K_n \times n \times S_o} = \frac{L_{\text{усл}}}{n \times S_o} = \frac{L_{\text{усл}}}{V_{\text{табл}}}. \quad (9.8)$$

Рассмотрим размерность:

L – мм; n – об/мин; S – мм/об; $K_{\text{ГР}}$, K_n – безразмерные числа; t_o – мин. Если разделить длину обработки на безразмерные номинальные числа, то получится другое количество той же размерности, то есть уже не L , а $L \approx \pm \Delta L$. Новая величина длины обработки по отношению к $V_{\text{табл}}$ (n_o – табл.; S_o – табл.) становится **условной** длиной. Однако условность здесь глубоко содержательная, поскольку безразмерные коэффициенты отражают множество физических, химических, механических, биологических свойств, выявленных, изученных, измеренных в системе СИ и информационно зафиксированных во всех справочных ресурсах.

Конкретизируя значения коэффициентов обрабатываемости материалов через их обратнопропорциональные величины можно множество безразмерных величин для расчетов трудоемкости назвать **квалиметрическими коэффициентами** или, как мы приняли в своих исследованиях, называть их **квалиметрическими показателями (параметрами)** производства деталей машин. Таким образом, стало возможным в значительной степени обобщить в понятии «ква-

лиметрический показатель» материала детали ряд реальных факторов технологической обработки материалов на металлообрабатывающих станках.

Результат обобщения представлен в таблице «Квалиметрические показатели материала детали».

Таблица 9.4 – Квалиметрические показатели материала детали

Код и наименование группы материалов		Марки	K_m
010	Стали конструкционные с содержанием углерода, в %		
	до 0,25	СтО, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, 05, 08, 08Кп, 10Кп, 10, 11Кп, 15Кп, 15, 18Кп, 20Кп, 20, 15Л, 20Л, 25Л, А12, А20	0,85
020	0,25-0,6	Ст5, Ст6, БСт5, БСт6, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, А30, А40Г	1,00
110	Низколегированная конструкционная сталь	12Г2, 16Г2, 09Г2, 14Г2, 18Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 09ГС2, 10Г2С1, 18Г2С, 25Г2С	1,15
120	Стали легированные конструкционные		
...			
123	Хромомарганцовистая	18Г, 35ХГ2, 18ХГТ, 20ХГР, 27ХГР, 25ХГТ, 30ХГТ, 40ХГР, 35ХГФ, 25ХГМ, 25ХГФ	1,35

Примечания.

1. Полный перечень квалиметрических показателей материалов дан в Приложении №2.
2. Числовые значения величины K_m рекомендуется применять только для прогнозных расчетов трудоемкости изготовления деталей и сборочных единиц.
3. При необходимости исследования отдельных видов материалов в формировании показателя технологичности через величину трудоемкости могут быть применены интерполированные правила нахождения промежуточных значений K_m .
4. Применение показателя K_m для расчетов операционных норм времени ($t_{шт.к}$) не рекомендуется.

9.4. Квалиметрический показатель шероховатости поверхностей

В истории технологии машиностроения встречаются разные названия состояния поверхности детали, которые возникли в силу отдельных индивидуально различных пониманий русских слов: чистота поверхности, точность поверхности, гладкость поверхности, шероховатость поверхности.

Возьмем, к примеру, «Hütte – справочник для инженеров, техников и студентов». В нашем распоряжении шестнадцатое стереотипное русское издание (1936 г.) в переводе с немецкого языка двадцать шестого издания. Авторы

предисловия отмечают: «Общераспространенный технический справочник для инженеров имеет уже более чем 75-летнюю давность. За эти $\frac{3}{4}$ столетия справочник был выпущен в Германии 26 изданиями, из них первое вышло в 1856 г., последнее – в 1932 г.»

Понятие **шероховатость** в Hütte вводится в разделе «Гидродинамика» для количественного изучения движения жидкости в трубах от ламинарного к турбулентному. Шероховатость количественно представляется коэффициентами шероховатости, рассчитываемыми специальными математическими уравнениями. В конечном итоге появляются безразмерные коэффициенты, числовые значения которых дают наглядные представления о качестве поверхности материалов, используемых для конструирования трубопроводов. Приведем их для наглядности и убеждения в древности практики и науки измерения качества поверхностей:

1. Новые металлические трубы, достаточно гладкие, асфальтированная жечь – 0,7.
 2. Новые чугунные и железные трубы, хорошо заглаженный цемент – 0,8.
 3. Старые железные трубы, заржавленные – 1,0.
 4. Незаглаженный цемент, загрязненные чугунные трубы, нестроганные доски – 1,1.
 5. Кирпич, тесаный камень – 1,2.
 6. Мелкий гравий (1-2 см) – 2,3.
 7. Крупный гравий (3-5см) – 3,7.
 8. Дно, заросшее водорослями – 8,8.
- (Hütte. Таблица 6. С.417).

Как видно, в данных таблицы обобщены многочисленные эксперименты и представлены числовые значения от базового $K = 1,0$ для «старых железных труб, заржавленных» и до «дна, заросшего водорослями» $K = 8,8$. Они являются наглядным примером, позволяющим называть их квалитетическими параметрами конструкторско-технологических свойств поверхностей.

В технологии машиностроения, начиная с 50-х гг. прошлого века вводятся два понятия для выражения состояния поверхностей деталей: чистота поверхности и точность размеров. В справочнике режимов резания для автомобильного производства (1957 г.) поверхности получают количественное обозначение: «Классы и разряды чистоты поверхности: с 1 по 5 класс без разряда, с 6 по 14 класс с разрядами а, б, в», например, 8а, 8б, 8в.

Классы чистоты стали играть существенную роль в назначении подачи на один оборот детали в зависимости от класса чистоты поверхности. Свидетельством этому может быть пример из справочника.

Обработка стали конструкционной точением (подача на оборот шпинделя S_o , мм/об.):

для 4 класса чистоты – 0,55;

для 5 класса чистоты – 0,40;

для 6 класса чистоты – 0,15.

Обобщенный опыт токарных работ позволяет утверждать, что изменение режимов обработки резцами деталей из стали дает возможность изменять состояние поверхности от грубых до весьма гладких (чистых).

Позднее возникла необходимость внести терминологические уточнения и изменения. Политехнический словарь (1989г.) рекомендует изменение: «чистота поверхности (устаревшее) – см. **шероховатость поверхности**». Из словаря выясняется глубокое теоретическое рассмотрение геометрических элементов неровностей. Исследователи неровностей, появляющихся при различных видах обработки, достигли довольно высокого уровня обобщений, доведя их до геометрической модели вычисления параметров шероховатости. (Политехнический словарь. С.600).

Современные стандарты и технические регламенты используют теорию шероховатости, обозначения, методы их простановки на чертежах в зависимости от вида металлообрабатывающего оборудования.

Технология машиностроения, занимающаяся обрабатываемыми поверхностями, имеет главную целевую функцию: сборку деталей в определенные агрегаты – сборочные единицы и целые машины. В связи с необходимостью взаимозаменяемости и обеспечения необходимых условий сборочных операций разработана теория допусков и посадок, в соответствии с которой обеспечивается единство практики сборки. Основой для соединения теории и практики введено понятие **точность размеров обрабатываемых деталей**. «Точность – степень приближения формы, размеров и положения обрабатываемой поверхности детали к требованиям чертежа и технических условий. Определяется **кавалитетом**, назначаемым на основании графиков и таблиц, составленных для определенных групп металлорежущих станков. От точности обработки зависят работоспособность сопряжений (нагрузка в контакте, условия образования масляного слоя, износ и т.п.). Точность измерений – характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов». (Политехнический словарь. С.541).

В соответствии с международными метрологическими документами введена достаточно стереотипная система **кавалитетов**. «Квалитет (от лат. qualitas – качество) – характеристика точности изготовления изделия (детали), определяющая значения допусков на изготовление, а, следовательно, и соответствующие методы и средства обработки и контроля... Квалитеты заменяют применявшиеся ранее классы точности. Для резьбовых соединений, зубчатых передач пользуются термином «степень точности». (Политехнический словарь. С.218).

Развитие теории и практики технологии машиностроения потребовало разработки методологии совместного рассмотрения явлений шероховатости поверхности и точности размеров. Исследование различных сборочных единиц в машиностроении позволило дать определенные рекомендации по сочетанию взаимосвязей качеств и шероховатостей. Подтверждением такого вывода являются параметры шероховатости типовых поверхностей. Они подтверждают тесную и непосредственную связь параметров точности размеров (качеств) и значений величин неровностей на обрабатываемых поверхностях. Они так существенно взаимосвязаны, что их влияние на технологическую обработку поверхностей можно рассматривать комплексно. Однако встает задача, – какой из параметров предпочтительнее использовать для регрессионного математического анализа взаимосвязей штучно-калькуляционного времени технологической обработки поверхности на отдельных операциях. Для исследований при квалиметрическом анализе производства деталей машин принято решение об использовании параметра шероховатости поверхности (Ra). Для подтверждения решения приведем обобщенную рекомендацию шероховатости поверхности в сочетании с качествами при различных видах технологической обработки деталей. (Балабанов А.Н. Таблица 1.22. С.108).

Таблица 9.5 – Шероховатости поверхности в сочетании с качествами при различных видах технологической обработки деталей

Шероховатость поверхности Ra , мкм	Подача наоборот шпинделя S_o , мм/об при $t = 1$ мм	Скорость резания $V_{\text{табл}}$, м/мин.	Обрабатываемый материал σ_B , кг/мм ²
$C_B 12,5$	0,80	33	при $70 \div 90 \quad K_{\sigma_B} = 1,0$; $50 \div 70 \quad K_{\sigma_B} = 0,75$; $90 \div 110 \quad K_{\sigma_B} = 1,25$
$7,5 \div 12,0$	0,60	37	
$7,5 \div 6,3$	0,55	40	
$5,0 \div 2,5$	0,35	48	
$2,5 \div 1,25$	0,12	57	

Примечание. Показатели таблицы являются обобщением из ранее приведенных данных «Справочника режимов резания» и «Контроля технической документации».

Данные в приведенных рекомендациях – это обобщения из продолжительной практики машиностроительного производства. Следовательно, принятие величины шероховатости поверхности преимущественным фактором над показателем качества (точности размера) будет оправданным для развития квалиметрического анализа производства деталей машин.

Вместе с этим необходимо особо отметить, что значение качества имеет самостоятельное влияние на формирование показателя штучно-калькуляционного времени в нормировании сборочных операций. Сборка-разборка деталей

в сборочные единицы непосредственно взаимосвязана с полями допусков, например, пары: вал-втулка. Здесь шероховатость поверхности, также как и качество размеров, играет важную роль, однако при расчетах затрат времени первенство занимает параметр вида посадки, то есть качества размеров вала и отверстия.

Отмеченные особенности важны, но в данном исследовании технологии обработки поверхности предпочтение дано параметру шероховатости Ra . Дополнительным к отмеченным особенностям следует отметить и факт незначительного влияния качеств на величину технологического времени. Например, в расчете нормы штучного времени в таких операциях как полирование, обозначаемое на чертеже знаком $\sqrt{\quad}$. Такой знак требует очень низкой величины шероховатости и не устанавливает значения качества размера. Подобные технологические операции по обработке поверхности в производстве машиностроительных изделий не единичны.

Но вернемся к формуле определения основного (технологического) времени выполнения операции

$$t_o = \frac{L_{\text{рез}}}{n \times S_o}, \quad \left[\frac{\text{мм}}{\frac{\text{об}}{\text{мин}} \times \frac{\text{мм}}{\text{об}}} \right]. \quad (9.9)$$

Из формулы следует:

а) если добиваться экономии времени или не увеличивать t_o , то необходимо исходить из такого взаимодействия факторов n и S_o , чтобы их произведение $n \times S_o = K$ не изменялось; такое постоянство может быть достигнуто при $(n + \Delta n)(S_o - \Delta S_o) = K$;

б) множество экспериментальных работ по резанию металлов подтверждает, что понижение параметра шероховатости (повышение чистоты поверхности) требует уменьшения величины подачи S_o и одновременно становится возможным увеличивать число оборотов шпинделя (сверла, круга и т.п.), то есть $(-\Delta S_o)$ необходимо компенсировать $(+\Delta n)$. О возможностях этих сочетаний можно рассмотреть на примере назначения подачи S_o .

В справочниках режимов резания приводятся нормативные значения величины подачи S_o в зависимости от конструкторского параметра шероховатости. Например, при обработке резцом рекомендуются: «Особые указания по назначению подач» (Барановский А.Н. С.22), в которых особо оговаривается: «В карте рекомендуются подачи в зависимости от технологических параметров операций, вне связи с кинематическими и другими особенностями оборудования», в том числе необходимо исходить из конструкторских требований обрабатываемого материала, качества размеров и шероховатости поверхности. В частности выставляются следующие требования (таблица 9.5).

Из приведенной таблицы выясняется количественная взаимосвязь параметров, и можно сделать выводы для инженерно-квалиметрического моделирования:

1. С увеличением шероховатости поверхности, выраженной параметром Ra , создается возможность увеличивать подачу инструмента при технологии обработки поверхности, то есть чем «грубее» поверхность, тем быстрее ее технологическая обработка.

2. При резании материала детали с заданной и неизменной глубиной резания $z = \text{const}$ при увеличении подачи S_o скорость резания $V_{\text{табл}}$ необходимо уменьшать, то есть грубая обработка поверхности требует уменьшать число оборотов шпинделя и наоборот: то есть чем выше требование шероховатости, тем выше надо устанавливать число оборотов шпинделя (режущего инструмента);

3. Выводы 1 и 2 относятся к определенной прочности материала обрабатываемой поверхности (σ_v); при других значениях σ_v назначаются другие режимы резания, которые входят в методику рассмотрения квалиметрического показателя материала (K_m).

4. Изучение взаимосвязей параметра шероховатости Ra , подачи S_o , скорости резания $V_{\text{табл}}$ позволяют принять показатель шероховатости поверхности как один из основных параметров в инженерно-квалиметрическом моделировании на этапах проектирования деталей машин, в частности, при разработке чертежей деталей. Здесь необходимо отметить особенность того, что предлагаемая методика расчета трудоемкости не предусматривает предварительной разработки пооперационных технологических режимов обработки.

5. Требования установленных правил расчета величин трудоемкости и себестоимости изделий позволяют устанавливать пределы вариаций их расчетных значений до $15 \div 20\%$ от расчетных величин по операционным и типовым нормативам.

Специальной исследовательской программой 5 ГУ Министерства оборонной промышленности с 1968-1989 гг. выполнена работа по изучению влияния различных конструкторско-технологических параметров на величину технологической трудоемкости. В результате этих исследований была получена расчетная формула влияния шероховатости поверхности Ra на значение технологической трудоемкости. Выведенная формула получила название: квалиметрический показатель шероховатости поверхности:

$$K_R = Ra^{-0,347}, \quad (9.10)$$

где Ra – наименьший параметр шероховатости поверхностей, проставленный на чертеже детали.

В ходе исследования было изучено влияние шероховатости поверхности через взаимосвязь среднеарифметической величины шероховатости поверхности детали с ее технологической трудоемкостью. В результате построения рядов зависимостей оказалось, что в среднеарифметической Ra – детали значения минимальной величины $Ra\text{-min}$ нивелируется так, что ее значение в трудоемкости технологии почти незаметно. Именно поэтому в квалиметрической системе параметров технологии обработки поверхностей на финишных операциях выявляется наинизшее ($Ra\text{-min}$) существенное значение особенностей отдельных поверхностей, подвергаемых обработке с минимальными шероховатостями. Следовательно, при изучении трудоемкости как параметра технологичности следует рассматривать поверхности детали с $Ra\text{-min}$ величин шероховатости.

Значения квалиметрического показателя шероховатости K_{Ra} приведены в Приложении 3.

9.5. Значение массы детали в оценке ее технологичности

Технология представляет собой совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства для получения готового продукта. Процессы преобразования материала, прежде всего, связываются с показателями габаритов, объема и массы тела. В зависимости от указанных показателей выбираются главные параметры рабочих мест, где выполняются отдельные технологические операции.

Государственные стандарты, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения исходят из необходимости: «2.2. Выбор оборудования производят по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, то есть в наибольшей степени выявляющему его функциональные значения и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с **размером** изготавливаемого на нем изделия» (ранее ГОСТ Р 50-54-11-87, ГОСТ 14.304-83). Следовательно, для небольших деталей – малогабаритные станки, для крупных деталей – станки с большими габаритами.

Установившаяся система технического нормирования трудозатрат на изготовление деталей машин, начиная с тейлоровских времен до наших дней, накопила огромную статистику и создала достаточно достоверную действующую систему расчета штучно-калькуляционного времени выполнения технологических операций и большую базу нормативов времени. Рассмотрим влияние габаритов и веса (массы) деталей на структурные элементы в классификации затрат рабочего времени. (Приложение 4).

Таблица классификации затрат времени на выполнение технологических операций (Приложение 4) на одном определенном рассматриваемом рабочем месте дает основание утверждать, что габариты и масса (вес) детали существенно влияют на продолжительность всех классификационных единиц затрат времени. Представленные отметки (+) и (–) свидетельствуют о значении габаритов и массы детали на отдельные затраты рабочего времени, так и на ненормируемые затраты. В развернутом виде отмеченная особенность выражается в формуле технически обоснованной нормы времени:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{отд}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n_{\text{ш}}} \text{ мин./шт.}, \quad (9.11)$$

где $T_{\text{н}}$ – норма времени; $T_{\text{о}}$ – основное время; $T_{\text{в}}$ – вспомогательное время; $T_{\text{тех}}$ – время технического обслуживания рабочего места; $T_{\text{орг}}$ – время организационного обслуживания рабочего места; $T_{\text{отд}}$ – время на отдых и личные надобности исполнителей; $T_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время; $n_{\text{ш}}$ – количество одноименных деталей в партии.

Выполнение реальных технологических операций объективно сопровождается непроизводительными затратами времени, вызываемыми организационно-техническими недостатками, а также личными характеристиками исполнителя работ на данном рабочем месте. Заметим, что практика машиностроительного производства фиксирует непроизводительные затраты как потери рабочего времени и выработала следующие классификационно-отчетные градации – ненормируемые затраты – $T_{\text{нз}}$, в том числе:

$T_{\text{зз}}$ – задержки в получении материалов, заготовок;

$T_{\text{зи}}$ – задержки в получении инструмента;

$T_{\text{зо}}$ – задержки ожидания задания на работу;

$T_{\text{зм}}$ – задержки ожидания указаний мастера;

$T_{\text{зк}}$ – задержки ожидания заключений контролера;

$T_{\text{зб}}$ – исправление брака по вине рабочего;

$T_{\text{зп}}$ – ожидание подсобного рабочего;

$T_{\text{зт}}$ – ожидание подъемно-транспортного оборудования;

$T_{\text{зн}}$ – задержки по причинам неудовлетворенности состоянием оборудования и инструмента;

$T_{\text{тб}}$ – задержки по причинам безопасности труда на рабочем месте.

Общая величина ненормируемых затрат времени на рабочем месте составит сумму:

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{зз}} + T_{\text{зи}} + T_{\text{зо}} + T_{\text{зм}} + T_{\text{зк}} + T_{\text{зб}} + T_{\text{зп}} + T_{\text{зт}} + T_{\text{зн}} + T_{\text{тб}} \text{ мин./шт.} \quad (9.12)$$

Суммарная величина затрат времени на выполнение технологической операции изготовления детали на определенном конкретном рабочем месте будет:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{н}} + T_{\text{нз}} \text{ мин./шт.}$$

Действующая в практике нормирования труда методика учета затрат времени на выполнение технологических операций не предусматривает фиксирования фактических затрат времени по отдельным классификационным группам в составе штучно-калькуляционного времени. Регистрация ненормируемых затрат времени по видам потерь, отнесенных к отдельным операциям и обрабатываемым деталям, также не ведется.

Изложенные особенности статистического учета затрудняют проследить количественные соотношения затрат времени на изготовление деталей в зависимости от габаритов и массы детали, однако имеются (специальные) исследования, посвященные влиянию массы деталей на отдельные классификационные группы затрат времени. В частности, можно рассмотреть рекомендации по определению вспомогательно-установочного времени на токарные работы. (Укрупненные нормативы и расценки. Справочник. М.: Россельхозиздат. 1984. С.232).

Таблица 9.6 – Вспомогательно-установочное время на токарные работы

Установка	Степень выверки	Вес детали (кг) до			
		3	5	10	Свыше 10
		Время в минутах			
В центрах с хомутиком		0,3	0,4	0,5	0,6
В трехкулачковом патроне	Простая	0,6	0,7	0,8	0,9
	Сложная	1,2	1,4	1,7	2,2
В центрах с люнетом	–	0,6	0,7	0,8	0,9
В четырехкулачковом патроне	Простая	1,4	1,7	2,0	2,4
	Средней сложности	2,0	2,4	2,7	3,2
	Сложная	2,8	3,8	4,2	5,5
На планшайбе	Простая	2,0	2,4	2,7	3,2
	Средней сложности	2,6	2,8	3,2	4,0
	Сложная	3,5	4,5	6,0	7,5
	Среднеарифметическая величина времени	1,7	2,08	2,46	3,04

В приведенной таблице нормативные данные вспомогательно-установочного времени на токарные операции изготовления деталей машин включают в себя два существенных фактора: массу (вес) детали с градацией на четыре значения в кг: 3, 5, 10, свыше 10; вид установки деталей на станке с выделением степени выверки по группам сложности: простые, средней сложности и сложные. Авторы не разъясняют мотивы градации по весу деталей и не дают алгоритмов расчета величины сложностей «выверки деталей» при их установке на токарном станке. Создается впечатление, что здесь проявляется хорошо из-

вестный в практике экспертный метод, который теория квалиметрии считает одним из фундаментальных в измерении и оценке качества изделий.

Учитывая такой подход, данные таблицы 9.6 представим через среднеарифметические значения издержек времени в минутах и затем, используя метод базовой точки, ряд данных в минутах преобразуем в безразмерные коэффициенты, выражающие влияние массы деталей на общую величину затрат времени в трудоемкости производства.

Таблица 9.7 – Вспомогательно-установочное время на токарные работы

Наименование назначения	Вес детали (кг) до				
	1	3	5	10	Свыше 10
Среднеарифметическое время на установку и снятие детали по таблице 10.8, мин./шт.	0,8	1,7	2,08	2,46	3,04
Безразмерные коэффициенты	1,00	2,125	2,60	3,07	3,80

Данные приведенной таблицы дают основание утверждать, что:

а) выдвинутая концепция о выделении массы (веса) детали как одного из факторов, определяющих общую удельную трудоемкость производства детали машин является достоверной;

б) необходимо расширить обобщенные исследования по широкому спектру технологических операций и геометрическим параметрам деталей для выяснения достоверных границ интервального шага в разбивке деталей на группы по их массе;

в) провести регрессионный анализ зависимости технологической трудоемкости от массы деталей по более расширенному ассортименту и номенклатуре деталей.

Необходимо дополнить изучение имеющихся обобщенных данных в нормативах времени. С этой целью рассмотрим ряд рекомендаций. (Сергеева З.В., Химченко Г.Т. Справочник нормировщика. М.: Россельхозиздат. 1983). В «Справочнике нормировщика для нормирования механической обработки деталей резанием» приводятся нормативные значения вспомогательного времени на установку, выверку и снятие детали. При этом отчетливо отмечается, что эти затраты зависят от массы детали, наличия и характера выверки, типа приспособления, в которое она (деталь) будет устанавливаться (таблица 9.8).

Таблица 9.8 – Вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали (мин) на токарных видах операций, мин. (Справочник нормировщика, С. 149)

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали (кг) до				
		1	3	5	10	30
В самоцентрирующем патроне	Без выверки	0,38	0,55	0,68	0,94	1,70
	По мелку	0,80	0,95	1,15	1,42	2,10
	По индикатору	1,65	1,90	2,30	2,90	4,40
В самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром	Без выверки	0,49	0,66	0,80	1,06	1,75
	По мелку	0,83	1,20	1,40	1,75	2,70
В четырехкулачковом патроне	Без выверки	–	0,95	1,05	1,32	1,92
	По рейсмусу	–	1,46	1,70	2,10	3,10
	По индикатору	–	2,10	2,50	3,10	4,50
В четырехкулачковом патроне с поджатием задним центром	Без выверки	–	1,10	1,30	1,65	2,30
	По рейсмусу	–	1,70	2,00	2,35	3,50
	По индикатору	–	2,20	2,80	3,45	5,00
В центрах с хомутиком	Без выверки	0,33	0,55	0,62	0,76	1,60
В центрах без хомутика	То же	0,27	0,35	0,38	0,48	0,95
В центрах с люнетом	То же	0,58	0,68	0,74	0,96	1,32
На планшайбе с центрирующим приспособлением	То же	1,10	1,30	2,30	2,55	3,20
Среднеарифметическое время		0,71	1,18	1,45	1,62	2,67

Вспомогательное время на установку и снятие деталей в зависимости от их массы и характера установки на фрезерные работы приведено в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин.

Способ установки детали	Масса детали, кг до					
	1	3	5	10	20	30
В трехкулачковом патроне	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	–
В центрах	0,2	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4
В тисках с простой выверкой	0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	–
В тисках с выверкой средней сложности	0,4	0,9	1,2	1,5	2,0	–
На призмах	0,6	1,0	1,3	1,6	2,1	2,4
На столе с простой выверкой	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2
На столе с выверкой средней сложности	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	3,0
Среднеарифметическое время	0,49	0,76	0,97	1,19	1,53	2,25

Сверлильные работы

Таблица 9.10 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин.

Способ установки детали	Масса детали (кг) до						
	3	5	8	12	20	50	80
В тисках с пневматическим зажимом	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	–	–
В тисках с винтовым зажимом	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	–	–
На столе без крепления	0,12	0,14	0,15	0,17	0,20	1,30	1,40
На столе с креплением болтами и планками	0,95	1,00	1,20	1,40	1,60	3,00	3,30
Сбоку стола с креплением болтами и планками	1,10	1,30	1,50	1,80	2,10	3,50	–
В самоцентрирующем патроне	0,18	0,20	0,24	0,28	0,35	–	–
В кондукторе	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	2,20	–
Среднеарифметическое время	0,58	0,67	0,77	0,89	1,02	2,50	2,75

Строгальные работы

Таблица 9.11 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин.

Способ установки	Характер выверки	Масса детали (кг) до				
		3	5	10	30	50
В тисках с винтовым зажимом	Без выверки	0,30	0,32	0,40	0,50	–
	С выверкой по разметке	0,87	0,95	1,30	1,50	–
В тисках с пневматическим зажимом	Без выверки	0,20	0,23	0,33	0,38	–
	С выверкой по разметке	0,82	0,90	1,25	1,40	–
На угольнике с креплением болтами и планками	Без выверки	–	2,15	2,80	4,60	5,20
	С выверкой по разметке	–	2,20	3,00	4,80	5,30
На столе с креплением болтами и планками	Без выверки	0,70	0,80	1,00	1,90	2,30
	С выверкой по разметке	1,85	2,05	2,60	3,50	4,60
Сбоку стола с креплением болтами и планками	Без выверки	0,80	1,05	1,30	2,40	2,90
	С выверкой по разметке	1,45	2,15	2,85	4,40	4,90
Среднеарифметическое время		0,87	1,28	1,68	2,54	4,2

Шлифовальные работы

Таблица 9.12 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин.

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	1	3	5	10	18	30	50	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В центрах	0,2	0,4	0,5	0,6	1,0	2,2	2,8	3,2

Продолжение таблицы 9.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В трехкулачковом патроне	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	3,2	4,0
В четырехкулачковом патроне	0,6	1,0	1,4	2,0	2,6	4,0	5,0	6,0
В центрах с люнетом	0,5	0,7	0,8	0,9	1,2	2,4	3,0	3,6
В центрах на оправке	1,4	1,5	2,0	3,0	–	–	–	–
Среднеарифметическое время	0,62	0,84	1,10	1,50	1,57	2,78	3,5	4,2

Слесарные работы

Таблица 9.13 – Вспомогательное время на установку в тисках, на верстак, стенд, плиту и снятие детали, мин.

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до				
	2	5	10	15	30
Установка в тисках без накладок	0,2	0,5	0,6	0,7	–
С медными накладками	0,3	0,6	0,8	0,9	–
Со свинцовыми накладками	0,4	0,7	0,9	1,0	–
Установка на верстак, стенд, плиту и снятие детали	–	0,2	0,5	0,6	0,7
Среднеарифметическое время	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0

Значения вспомогательных времен по отдельным технологическим операциям в зависимости от массы детали можно обобщенно представить как сумму нормативных значений времени и затем рассмотреть взаимосвязь суммы времени от массы детали. Обобщенные значения вспомогательного времени представлены в таблице 9.14.

Таблица 9.14 – Сумма вспомогательного времени на установку, выверку и снятие детали по комплексу технологических операций.

Виды технологических операций, вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали, мин./шт.	Масса детали, кг до							
	1	3	5	10	18	30	50	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные работы: Среднеарифметическое время по таблице 10.8	0,71	1,18	1,45	1,62	2,145	2,67	3,32	–
Фрезерные работы: Среднеарифметическое время по таблице 10.9	0,49	0,76	0,97	1,19	1,50	2,25	3,20	–
Сверлильные работы Среднеарифметическое время по таблице 10.10	0,45	0,58	0,67	0,80	0,89	1,12	2,50	2,75
Строгальные работы Среднеарифметическое время по таблице 10.11	0,73	0,87	1,28	1,68	2,03	2,54	4,20	–

Продолжение таблицы 9.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шлифовальные работы: Среднеарифметическое время по таблице 10.12	0,62	0,84	1,10	1,50	1,58	2,78	3,50	4,20
Слесарные работы: Среднеарифметическое время по таблице 10.13	0,25	0,35	0,50	0,70	0,82	1,02	1,32	–
Всего на деталь, мин./шт.	3,25	4,58	5,97	7,49	8,95	12,38	18,04	20,19
Квалиметрический параметр массы детали при базовой точке $m = 1$ кг, $T_{всп} = 3,25$ мин./шт.	1,00	1,41	1,84	2,30	2,76	3,81	5,55	6,21

Из данных таблицы 9.14 выделим две строки:

Масса детали, кг	1	3	5	10	18	30	50	80
Квалиметрический параметр массы детали при базовой точке $m = 1$ кг, $T_{всп} = 3,25$ мин./шт.	1,00	1,41	1,84	2,30	2,76	3,81	5,55	6,21

Исследование данных в таблице взаимосвязей позволяет вывести уравнение:

$$K_{m \text{ всп}} = m^{0,35},$$

где m – масса, кг; $K_{m \text{ всп}}$ – коэффициент влияния массы детали на величину вспомогательного времени ее изготовления.

В таблице 9.14 последняя строка получена из строки «Всего на деталь, мин./шт.» путем последовательного деления суммы вспомогательного времени на 3,25 мин./шт., соответствующую для массы детали 1 кг. Такой подход к преобразованию ряда данных, имеющих одинаковую размерность, в квалиметрической методике назван методом базовой точки и полученный ряд безразмерных величин рядом **квалиметрических параметров**. В рассматриваемом случае это будут квалиметрические показатели влияния массы детали на вспомогательные процессы работы при выполнении технологических процессов механической обработки деталей машин.

Вспомогательные трудовые действия в общей величине штучно-калькуляционного времени занимают существенный объем как по общему влиянию, так и по времени. Однако значение массы детали проявляется и в других составных частях штучного времени на определенные технические параметры основного технологического процесса (например, скорости резания), подготовительно-заключительного времени, времени организационно-технического обслуживания рабочего места. Об этом влиянии можно судить по данным таблицы типовых норм времени, в которых трудовые приемы и действия непосредственно связаны с массой деталей.

Здесь необходимо отметить государственную значимость «Типовых норм труда». Понятие введено еще в СССР и подтверждено трудовым кодексом Российской Федерации (Федеральный закон от 30 июня 2006 года № 90-ФЗ).

При разработке инженерно-квалиметрического метода анализа производства использован комплекс типовых норм времени на изготовление деталей машин, в которых установлено: «Типовые нормы времени рассчитаны на организационно-технические условия, соответствующие единичному характеру производства с выпуском 1-2 деталей (или изделий при сборке) в партии».

Для выяснения общего характера влияния массы деталей на общую трудоемкость изготовления детали необходимо исследовать достаточно представительный массив нормативов времени фактических затрат технологического времени на изготовление деталей разной номенклатуры и различных типов производства. При этом основным критерием обобщения и построения последовательных значений данных является понятие и его количественное представление «Удельная трудоемкость», то есть

$$T_{qm} = f\left(\frac{T_c}{m}\right), \left(\frac{\text{час}}{\text{кг}}\right) \text{ или } K_{\text{шт.}} = \varphi\left(\frac{T_c}{\text{шт.}}\right), \quad (9.13)$$

где T_c – суммарная величина штучно-калькуляционного времени по совокупности всех технологических операций, выполняемых (предусмотренных к выполнению) для изготовления i -й детали, час; m – масса изготавливаемой детали, кг, или штука детали, шт.

Выборка из массива данных типовых норм времени на изготовление деталей машин составила более 1200 представительных точек массы деталей от 0,1 кг до 3000 кг и норм штучного времени от 5 мин. до 36000 мин. на одну штуку детали. Исследование массива данных выявило границы группирования деталей по массе, и результатом явились эмпирические уравнения для расчета квалиметрического показателя массы детали по группам:

– для деталей массой от 0,1 кг до 1 кг

$$K_m = 0,23 + 0,111 \ln(m \cdot 1000);$$

– для деталей массой от 1 кг до 30 кг

$$K_m = m^{0,368+0,0046 \ln m};$$

– для деталей массой свыше 30 кг до 100 кг

$$K_m = m^{0,368};$$

– для деталей массой от 100 до 500 кг

$$K_m = m^{0,308-0,0046 \ln m};$$

– для деталей массой от 500 до 3000 кг

$$K_m = m^{0,256},$$

где m – масса детали в кг.

Приведенная группировка получена исходя из эмпирических зависимостей затрат штучного времени на изготовление деталей по технологическим

параметрам типовых норм времени, в которых явно выделяются характеристики оборудования по мощности электродвигателей и габаритных размеров, различия в применяемых подъемно-транспортных средствах, эксплуатационные показатели режущего, мерительного инструмента, приспособлений и вспомогательных устройств на рабочих местах.

Здесь необходимо особо отметить: целевое назначение рассматриваемых квалиметрических показателей – это расчет прогнозных показателей трудоемкости, механовооруженности, электро-, энерговооруженности труда, производственной мощности предприятия машиностроения в системе управления проектами стратегического планирования.

9.6. Заготовки деталей машин в инженерно-квалиметрическом проектировании

В простом определении: «Заготовка – предмет производства (материал, продукт и т.п.), из которого дальнейшей обработкой получают готовое изделие» (Политехнический словарь) таится все будущее одной детали и квалиметрическая характеристика машины-орудия. В информационном аспекте заготовка выступает как примитив детали. Здесь уместно привести термины: «примитив (лат. *primitives* – первый, самый ранний) 1) всякое явление в сравнении с поздними явлениями такого рода; нечто неразвитое, простое, упрощенное по технике исполнения... в XIX-XX вв. было пересмотрено отношение к примитиву как к чему-то неполноценному, в нем открыли особую силу и искренность художественного выражения». (Словарь иностранных слов).

В технологии машиностроения для отражения свойств примитива (заготовки) на исходящие из него операции введено специальное понятие «технологическая наследственность – явление переноса свойств объектов от предшествующих технологических операций к последующим». (Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение. 2001. Т.1. С.125).

Действительно, всякий индивид, взявший в руку металлический предмет, совершенно по-разному рассматривает и осмысливает его сущность. Скажем, археолог углубляется в исторические пласты развития цивилизации, владелец-собственник дома прикидывает в уме, где и как можно **использовать в своем хозяйстве** и т.п.

В инженерно-квалиметрическом проектировании взаимосвязь «заготовка-деталь» порождает совокупность информационных потоков в общественной промышленной системе: металлургическое плюс машиностроительное производство. И далее – полезность, безопасность, надежность, долговечность машин в целевом их использовании.

При решении проектных задач на первичном уровне выделяются процедуры расчета квалиметрических показателей в отдельности для заготовки и затем для получения из нее детали. Прежде всего, необходимо знать массу детали и спроектировать массу заготовки, затем сравнить эти массы и рассчитать коэффициент использования материала. Важным в расчетах показателей технологичности является химический состав и структура материала заготовки, сложность ее геометрической формы в сопоставлении со сложностью детали. Приведенные этапы процедуры расчетов есть свидетельство того, что необходимо иметь отдельную часть исследования машиностроительного производства – квалиметрию заготовительного производства. Одной из таких работ является «Технико-экономическое планирование литейного производства. Квалиметрический подход». (Издательство LAP Lambert. Academic Publishing. Германия. 2014).

В книге изложены проблемы планирования заготовительного производства и на примере изготовления литейных заготовок отмечают: «существующие методы планирования литейного производства во многом не отвечают современным условиям хозяйствования». В работе обоснована целесообразность использования квалиметрического подхода при выборе эффективных единиц планирования производства в условиях рыночной экономики. В рамках разрешения проблемы выбора калькуляционной единицы в литейном производстве предложено использовать квалиметрический показатель отливки, который предлагается ввести в качестве основного в системе технико-экономического планирования для определения объема производства и производственной мощности в квалитоннах, расчета трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, себестоимости литейных заготовок.

Проверка методических разработок в реальных производственных условиях литейных цехов подтвердила теоретическую обоснованность и практическую целесообразность применения достижений науки квалиметрии в технико-экономическом планировании заготовительного производства.

Начальной фазой любого машиностроительного производства является заготовительное производство, образуя первый технологический передел. Заготовки различаются по типовым характеристикам, зависящим от способа их изготовления. В технологии изготовления выделяются виды заготовок, получаемые:

- из проката;
- литьем из жидкого металла – отливки;
- горячей обработкой давлением – поковки, штамповки;
- прессованием и горячим спеканием – детали порошковой металлургии;
- электрической сваркой из комбинаций отдельных элементов – сварные конструкции.

Каждый вид технологического передела имеет свою классификацию заготовок, например, прокат подразделяется на следующие виды:

- **товарные заготовки** – болванки обкатные квадратные – служат заготовками под ковку и штамповку крупных валов, рычагов, тяг и т.д.;

- **простые сортовые профили общего назначения** – круглые и квадратные, шестигранные и полосовые – используют для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев;

- **фасонные профили проката общего назначения** – сталь угловая равнополочная и неравнополочная, балки двутавровые и швеллеры – применяются при изготовлении металлоконструкций (рам, плит, подставок, кронштейнов);

- **фасонные профили отраслевого и специального назначения** – предназначены для изготовления деталей в вагоностроении, автопромышленности, тракторостроении, сельхозмашиностроении, энергомашиностроении, электротехнической промышленности;

- **трубный прокат** – стальной бесшовный горячекатаный, холодекатанный, холодотянутый – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов;

- **гнуемые профили** – U-образные неравнобокие, С-образные и корытообразные – используют для изготовления опор, кронштейнов, консолей, ребер жесткости;

- **горячепрессованные профили сложной формы** (пустотелые, полузамкнутые) применяют для изготовления деталей типа скоб, направляющих элементов, прижимов;

- **периодические профили проката** соответствуют изготовленным из них деталям;

- **профили продольной прокатки** служат для изготовления балок передних осей автомобиля, лопаток, осей; **поперечно-винтовой прокатки** служат для изготовления валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов; **поперечно-клиновой прокатки** – для изготовления валов коробки передач автомобиля, валков и других деталей типа тел вращения крупносерийного и массового производства; **поперечной прокатки** – для изготовления шариков подшипников качения, профилированных трубчатых деталей; **волочение горячекатаного сортового проката** применяют в заготовительных цехах с целью повышения точности размеров прутков и труб;

- **профильный прокат** целесообразно применять в тех случаях, когда профиль проката остается без последующей механической обработки, что особенно важно при изготовлении деталей из труднообрабатываемых сортов сталей и сплавов (коррозионно-стойкой, кислотоупорной стали, магниеволитиевых сплавов).

Перечисленные разновидности методов получения заготовок из проката в машиностроении выбираются на основе конструкторско-технологического обоснования в соответствии со стандартами и нормативными документами и являются общепризнанными в проектно-плановой деятельности. Целевая сущность приведенного комплекса методов получения заготовок состоит в достижении показателя прогрессивности каждого отдельного технологического процесса изготовления заготовки-детали. Если принять за основу соотношение

$$\text{примитив} \quad \longleftrightarrow \quad \text{оригинал},$$

то технологическая рациональность может быть исследована через валентные связи, отраженные в структурах дерева свойств оригинала и его примитива. При этом изучение эквивалентных величин возможно методом идентификационных матриц, построенных на основе общности фундаментальных проявлений геометрической формы, массы и состава вещества, энергетических составляющих в процессах преобразований.

Взаимные преобразования структурных составляющих оригинала и примитива можно представить в виде матрицы перехода элементов, определяющих технологическую рациональность примитива (заготовки) и его оригинала (детали). В общем виде такая матрица будет матрицей, составленной из данных (временная матрица):

$$X_{G \times T} = [x_{gt}]; \quad g = 1, 2, \dots, G; \quad t = 1, 2, \dots, T,$$

где x_{gt} – наблюдаемые значения переменной g в момент времени t . (Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. М.: Дело. 2003).

При решении задач подобного рода матриц необходимо использовать понятия: **подобие**, **равенство** и **тождество**. Значение их в проектной деятельности выражаются научными определениями.

Подобие – в науке это абстракция, основное понятие теории подобия, изучающей условия и преобразования различных явлений, а также методы их математического описания; идея подобия лежит в основе моделирования; применяемый в исследованиях коэффициент подобия измеряет степень близости между объектами, каждый из признаков описания которых принимает значение 0 или 1 (отсутствие или присутствие данного признака). Коэффициент подобия для пары сравниваемых объектов

$$S = \frac{P}{m}, \quad 0 \leq S \leq 1, \quad (9.14)$$

где P – число совпадающих признаков, по которым осуществляется сравнение; m – общее количество выделенных признаков.

Равенство – в экономической (проектной) деятельности термин понимается как однозначное количественное выражение результатов деятельности

(проектов); в инженерно-квалиметрическом проектировании «равенство» используется как понятие взаимной абсолютной заменимости объектов.

В соответствии с приведенными понятиями можно конкретизировать взаимосвязь структуры свойств детали со структурой свойств заготовки через показатели: квалиметрическое подобие детали и заготовки, квалиметрическое равенство детали заготовке, квалиметрическое тождество «деталь \equiv заготовка». Количественными параметрами при сравнении детали с заготовкой будут

– коэффициент подобия геометрической формы

$$S_{\text{гф}} = \frac{\text{конструкторский код заготовки}}{\text{конструкторский код детали}} = \frac{K_{\text{фз}}}{K_{\text{фд}}}, \quad (9.15)$$

где $K_{\text{фз}}$ – квалиметрический параметр сложности геометрической формы заготовки; $K_{\text{фд}}$ – квалиметрический параметр сложности геометрической формы детали;

– квалиметрическое тождество материала заготовки детали

$$K_{\text{мд}} \equiv K_{\text{мз}}, \quad (9.16)$$

где $K_{\text{мд}}$ – квалиметрический показатель материала детали; $K_{\text{мз}}$ – квалиметрический показатель материала заготовки;

– квалиметрическое тождество массы детали и массы заготовки

$$m_{\text{д}} \equiv m_{\text{з}} \quad \text{и} \quad K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}}; \quad K_{\text{отх}} = \frac{m_{\text{з}} - m_{\text{д}}}{m_{\text{д}}}, \quad (9.17)$$

где $m_{\text{д}}$ и $m_{\text{з}}$ – масса детали и масса заготовки; $K_{\text{им}}$ – коэффициент использования материала; $K_{\text{отх}}$ – коэффициент массы материала, учитываемый как производственные отходы.

Квалиметрическая эквивалентность заготовки и детали может быть выражена количественно методом матричного представления совокупности единичных квалиметрических параметров заготовки и сопоставления с матрицей единичных квалиметрических параметров детали.

Перечисленные 13 видов заготовок с их характеристиками для изготовления готовых деталей позволяют выяснить два основных параметра, существенно определяющих квалиметрические показатели детали: масса заготовки, масса материала (металла) снимаемого с заготовки в ходе технологического процесса изготовления детали. Следовательно, выделенные показатели должны быть представлены количественным параметром в общем квалиметрическом показателе детали.

Изучение совокупности более 1200 технологических карт изготовления деталей, представленных в «Общемашиностроительных типовых нормах времени» позволило ввести показатель «квалиметрическая масса заготовки детали», выразив его математически эмпирической зависимостью:

– для деталей массой $m \leq 1$ кг

$$K_{mq} = m^{0,08} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^{0,28} \cdot e^{0,2(m-1)} \cdot K_o;$$

– для деталей массой $m > 1$ кг

$$K_{mq} = m^{0,243} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^{0,63} \cdot K_o,$$

где m – масса детали, кг; η – коэффициент использования материала (КИМ); K_o – общий квалиметрический показатель детали, квалишт.; K_{mq} – квалиметрическая масса заготовки детали, кваликг; e – основание натуральных логарифмов.

В проектной деятельности коэффициент использования материала (КИМ) рассчитывается точными методами, если масса детали и масса заготовки однозначно количественно известны. При прогнозировании, эскизном и техническом проектировании расчет технологичности конструкции изделия ведется по групповым и комплексным показателям, присущим принятым аналогам. В этом случае КИМ определяется по усредненным совокупностям свойств взаимосвязей деталей и заготовок, одним словом, по «технологической наследственности».

9.7. Разнообразие технологических операций в структуре квалиметрических показателей

В проектных расчетах показателей технологичности конструкции изделия базовыми понятиями считаются виды технологических процессов: единичный, типовой, групповой. (ГОСТ 31109-82. Определение видов технологических процессов). Для выбора действующего типового или группового технологического процесса требуется формирование конструкторско-технологического кода детали и простановки его в конструкторских и технологических документах (стандарты ЕСКД и ЕСТД).

Карта типового (группового) технологического процесса предназначена для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется совместно с ведомостью деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу.

Вся совокупность наименований технологических операций, применяемых в производстве деталей машин, разбита на универсальные по сущности

технологического процесса его операции, специальные и специализированные. Операции по их производственному назначению распределяются по типам, группам и подгруппам. Для определенных по ГОСТ 17420-72 условий производства деталей машин классификация технологических операции должна выполняться по следующим градациям:

Таблица 9.15 – Операции механической обработки резанием

Типы операций	Группа операций, выполняемых на станках
Токарная	Токарной группы
Сверлильная	Сверлильной группы
Расточная	Расточной группы
Шлифовальная	Шлифовальной группы
Отделочная	Отделочной группы
Зубообрабатывающая	Зубообрабатывающей группы
Фрезерная	Фрезерной группы
Строгальная	Строгальной группы
Долбежная	Долбежной группы
Протяжная	Протяжной группы
Отрезная	Отрезной группы
Штамповочная	Штамповочной группы

Каждая группа операций в зависимости от разновидности станков дополнительно разбивается на подгруппы, например, токарные группы: токарно-револьверная, автомато-токарная, токарно-карусельная, токарно-винторезная, специальная токарная, лоботокарная, вальцетокарная, токарно-затыловочная, токарно-копировальная, токарно-бесцентровая, торцеподрезная центровальная, токарная с числовым программным управлением.

В группе операций выделяются подгруппы, виды, подвиды, единичные операции, которые разлагаются на переходы, проходы, приемы, действия, элементы.

Без такого подробного структурирования технологических процессов затруднительно создание автоматизированной системы управления технологией производства (АСУТП).

Для выполнения задач стратегического проектирования на этапах технического задания, эскизного и технического проектов из-за отсутствия полного комплекта конструкторско-технологической документации применяются укрупненные параметры изготовления изделий. С этой целью рекомендуется применять инженерно-квалиметрический метод решения проектных задач технологичности. При этом совокупность всех операций группируется на универсальные – для деталей, полученных резанием металлов (материалов), и специ-

фические – для отдельных технологических задач. С этой целью для квалитетического анализа выделены следующие типовые операции: отрезная, токарная, фрезерная, сверлильная, расточная, шлифовальная, зубообрабатывающая, строгальная (долбежная), протяжная, отделочная, слесарная, штамповочная, сварочная. Распределение по подгруппам и отдельным видам оборудования для прогнозных проектов становится нецелесообразным.

Выполнение проектных задач инженерно-квалитетическим методом становится проблематичным, если в типовых нормативах не соблюдены стандартные правила по кодированию деталей в соответствии с классификаторами ЕСКД. К сожалению, большинство официально изданных типовых нормативов не имеют кодовых шифров. Для целей исследования проектных задач предложена группировка технологических операций в зависимости от конструктивной общности геометрической формы деталей. Например, по ряду признаков технологичности в одной квалитетической группе окажутся детали, имеющие коды по классификатору ЕСКД: 711100 ÷ 711500, расшифровка которых означает:

- класс 710000 – детали-тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.;
- подкласс 711000 – детали-тела вращения длиной L до половины значения диаметра ($0,5D$);
- группа 711100 – с наружной поверхностью цилиндрической, без закрытых уступов, гладкой без наружной резьбы;
- группы 711500 – детали-тела вращения длиной L $0,5D$ без закрытых уступов, ступенчатой, с наружной резьбой.

Имеющийся в распоряжении исследователя массив типовых технологических процессов и норм затрат штучного времени необходимо группировать с позиций приведенного примера. Выполненная таким методом группировка позволяет обобщить структуру технологических процессов по всем кодовым группам в некоторых технологических общностях и по целым классам. Изучение величин операционных норм затрат времени в обобщенном виде по выделенным группам кодов, позволяет составить систему нормативных коэффициентов затрат времени по общности геометрической формы конструкции деталей.

Значение нормативных коэффициентов по выделенным типам операций можно свести в особую таблицу 10.16.

Выведенные для единичного (опытно-экспериментального) типа производства нормативные коэффициенты характеризуют базовые условия инженерно-квалитетического проектирования, и их следует назвать **квалитетическим параметром разнообразия структуры технологических операций**. Различные факторы технологичности конструкций, тип производства, материалы, оборудование и другие факторы изменяют систему квалитетических параметров изде-

лия. Однако изменение структуры разнообразия операций можно отразить на основе использования маршрутной технологической карты, наличие которой в проектной документации является обязательным (ГОСТ 31102-81).

В перечень типовых групп операций, принятых для нахождения нормативных коэффициентов трудоемкости, не вошла значительная группа специальных, но достаточно часто употребляемых технологических операций: шлифование чистовое (тонкое), резбошлифование, оптико-профилешлифование, заточка, зубозатылование, полирование, шабрение, пайка, особые виды строгания и долбления. Для их отражения в инженерно-квалиметрическом анализе вводится коэффициент технологических особенностей, зависящий от количества размеров, получаемых особо выделенным методом обработки в общей технологии изготовления детали. Коэффициент называется квалиметрическим показателем технологических особенностей и рассчитывается по формуле

$$K_{\text{то}} = e^{\sum d_i}, \quad (9.18)$$

где d_i – коэффициент i -ой особенности технологической операции.

Примерный перечень особых технологических операций с выведенными коэффициентами дан в таблице 9.16.

Таблица 9.16 – Коэффициенты для расчета квалиметрического показателя технологических особенностей

Наименование обработки	Количество размеров, получаемых данным методом обработки, в процентах от общего числа размеров								
	до 20	20-30	30-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-95	95-100
Шлифование	0,03	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30
Резбошлифование	0,08	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Зубошлифование	0,08	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Оптикопрофиле-шлифовальная	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Заточка	0,03	0,05	0,10	0,16	0,24	0,34	0,44	0,54	0,66
Зубозатылование	0,03	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19	0,25	0,30	0,35
Доводка резьбы	0,08	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Доводка	0,05	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,58	0,70
Полирование	0,02	0,02	0,04	0,06	0,08	0,12	0,16	0,20	0,25
Шабрение	0,03	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,50
Слесарная обработка вручную	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,14	0,16
Пайка	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
Сварка	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
Строгание	0,04	0,04	0,07	0,10	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30
Долбление	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16

Следует иметь в виду, что в конкретных производственных условиях таблица коэффициентов для расчета квалиметрического показателя технологических особенностей может быть дополнена в соответствии с технологическими операциями, вводимыми вновь и изменяющими методы обработки и, следовательно, общую трудоемкость.

9.8. Комплексный квалиметрический показатель производства детали

В экономической литературе, в учебниках и справочниках разных периодов распространенным понятием является показатель «объем производства» (от англ. quantity production), то есть количество продукции. Для инженерно-квалиметрических исследований дается преимущество понятию «качественно измеренное количество продукции». Академик С.Г. Струмилин еще в первых своих работах (1925 г.) по изучению состояния производительности труда в России предпочитал и рекомендовал использовать показатель «количество продукции с учетом ее качества». Это были глубокие раздумья ученого о замене денежного выражения стоимости показателями натуральными и условно-натуральными. Теперь уже можно утверждать, что те раздумья привели к современной квалиметрии и ее методам квалиметрического исчисления создаваемой продукции, то есть к показателю – **квалиметрическое количество продукции**.

Единицы измерения количества продукции, основанные на естественных (натуральных) свойствах продуктов, спорадически возникали на протяжении сотен лет коллективно организованного производства. В начале XX в. различные предложения по единицам измерения качества оформились в неофициальную систему измерителей, названную «условно-натуральные единицы измерения промышленной продукции» – выраженные количеством какой-либо одной разновидности продукции, потребительное свойство (или технико-экономический параметр) которой принято в качестве соизмерителя. (Статистический словарь. М.: Финансы и статистика. 1989). Приводимые в словарях и справочниках условно-натуральные единицы продукции являются подтверждением их квалиметрического смысла.

Количественное представление (корреляция) (др.-лат. correlatio соотношение) взаимосвязи различных факторов, образующих совокупность свойств качества продукции, выражается в виде математических функций, называемых в экономико-математическом моделировании производственными функциями, среди которых наиболее распространены мультипликативно-степенные формы их представления.

В самой общей форме такая функция записывается так:

$$P = A \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n} \text{ или}$$

$$P = A \prod x_i^{a_i}, i = 1, \dots, n. \quad (9.19)$$

Здесь коэффициент A , стоящий перед знаком умножения, учитывает размерность, он зависит от избранной единицы измерения факторов (аргументов). Сомножители от первого до n -го могут иметь различное содержание в зависимости от того, какие факторы оказывают влияние на общий искомый результат. Степенные коэффициенты (параметры) рассматриваемой производственной функции, показывают долю влияния соответствующего фактора на количественно рассчитываемый результат.

Следует отметить особенность мультипликативно-степенной формы производственных функций: если один из сомножителей равен нулю, то результат обращается в нуль. Эта особенность реалистично отражает тот факт, что в большинстве случаев в производственной системе участвуют все анализируемые первичные факторы и без любого из них производство безрезультатно. Такая особенность подробно изложена в предыдущей главе при рассмотрении квалиметрической функции желательности (предпочтения).

Возвратимся к формулам расчета квалиметрических показателей деталей машин. Общий квалиметрический показатель детали, изготовляемой путем механической обработки на металлорежущем оборудовании, рассчитывается по формуле

$$K_o = K_\phi \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{то},$$

где сомножители представляют единичные квалиметрические показатели, относящиеся к факторам обработки деталей: сложности геометрической формы детали (K_ϕ); массы детали (K_m); материала детали (K_M); шероховатости поверхности детали (K_R); технологических особенностей детали ($K_{то}$).

Раскроем выражение K_o через расчетные формулы сомножителей, приведенные в предыдущих главах:

$$K_o = \left(\ln I \cdot e^{\frac{I_B}{I} - \alpha} \right) \cdot [0,23 + 0,111 \cdot \ln(m \cdot 1000)] \cdot \frac{K_{45} - K_M}{K_{45}} \cdot (R_a^{-0,347}) \cdot e^{\Sigma d_i},$$

где параметры: количество размеров, проставленных на чертеже детали (I , I_B), симметричность геометрической формы (α), масса детали (m), материал детали (K_M), шероховатость поверхности (R_a), технологические особенности (d_i) – все они представляют разнообразие конструкторско-технологической совокупности, определяющее качество детали, то есть в соответствии с ГОСТ 15467-79 «Совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовле-

творять определенные потребности в соответствии с ее назначением». Далее стандарт разъясняет: «Технико-экономическое понятие «качество продукции», в отличие от философского понятия «качество» охватывает только те свойства продукции, которые связаны с возможностью удовлетворения продукцией определенных общественных или личных потребностей в соответствии с ее назначением». Далее: «качество продукции зависит от качества составляющих ее изделий и материалов. Если продукция состоит из изделий машиностроения, то к свойствам, определяющим качество продукции, относятся свойства отдельных изделий, а также свойства совокупности изделий, как однородность, взаимозаменяемость и т.д.».

Изложенным разъяснениям ГОСТ 15467-79 в полной мере соответствует математическая функция регрессии K_o . Следовательно, она является **инженерно-квалиметрической функцией производства детали машины**. Формально она соответствует приведенной ранее мультипликативно-степенной форме производственной функции, имеющей ту же особенность: «если один из сомножителей равен нулю, то результат обращается в нуль». Конечно, инженерно-квалиметрическая функция производства детали машины – это результат многолетних (40 лет) эмпирических исследований в действующих производственных подразделениях разных машиностроительных предприятий. Но эмпирически выведенные уравнения и их формулы расчета достаточно корректно проверены.

Рассмотренные особенности деталей и их измеренные информационно-вещественные характеристики позволяют ввести понятие: **инженерно-квалиметрическая условная деталь** и дать ей обозначение КУД – квалиметрически условная деталь. Вводимая единица КУД относится к области условно-натуральных единиц измерения продукции машиностроительного производства. В соответствии с формулой расчета общего квалиметрического показателя детали K_o определим конструкторско-технологические параметры единицы КУД. Допустим:

- количество размеров, проставленных на чертеже детали $I = 15$;
- количество размеров во внутренних полостях $I_b = 0$;
- симметричность геометрической формы детали $\alpha = 1$;
- масса детали $m = 1$ кг;
- материал детали M – сталь 45, квалиметрический параметр $K_m = 1$;
- параметр шероховатости поверхности $R_a = 1$;
- технологические особенности не выделены $\sum d_i = 0$.

При перечисленных параметрах общий квалиметрический показатель:

$$K_o = K_\phi \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{To} = \left(\ln I \cdot e^{\frac{I_b}{I} - \alpha} \right) \cdot [0,23 + 0,111 \cdot \ln(m \cdot 1000)] \cdot K_M \cdot (R_a^{-0,347}) \cdot e^{\sum d_i} = \left(\ln 15 \cdot e^{\frac{0}{15} - 1} \right) \cdot [0,23 + 0,111 (1 \cdot 1000)] \cdot 1 \cdot (1^{-0,347}) = 1.$$

Полученная расчетная величина общего квалитетического параметра детали $K_o = 1$ дает основание для принятия ее в качестве единицы перевода физических единиц деталей в условно-квалитетические единицы (КУД). Здесь необходимо отметить одно примечание, а именно: в формуле расчета K_o один из сомножителей обозначен K_M , который преобразован из показателя $\left(\frac{\sigma_{b45}}{\sigma_b} \right)$, где

σ_b – коэффициент обрабатываемости материала, зависящий от предела прочности материала, который является одним из существенных показателей в технологии производства деталей машин. Его значение приводится в справочниках, посвященных металлообработке и машиностроению. В определении КУД коэффициенты обрабатываемости материала используются как обратнопропорциональная величина квалитетического показателя материала, то есть если коэффициент обрабатываемости материала возрастет, то квалитетический показатель уменьшится. Это положение отражает естественный факт производства: когда прочность материала σ_b увеличивается, тогда коэффициент обрабатываемости материала уменьшается, что вызывает увеличение продолжительности времени механической обработки материала детали.

Приведем справочное пояснение. Обрабатываемость стали резанием определена для условий полустого точения без охлаждения по чистому металлу резцами, оснащенными твердым сплавом, и резцами из быстрорежущей стали (P18, P12) при постоянных глубине резания, подаче и главном угле в плане резцов. Обрабатываемость оценивалась по способности резания, соответствующей 60-минутной стойкости резцов, и определяется коэффициентами K_v (твердого сплава) и K_v (быстрорежущей стали) по отношению к эталонной стали. За эталонную сталь принята марка 45 при $\sigma_b = 65$ кгс/мм² и HB 179, скорость резания которой принята за единицу. (Справочник металлиста. Т.2. М.: Машиностроение. 1976. С.85).

Приведенное пояснение дает основание для утверждения:

1. Методология экспериментов по определению обрабатываемости материалов резанием имеет началом теорию резания, основанную Ф.У. Тейлором.
2. Алгоритм обработки информации, получаемой экспериментами, полностью подтверждает его квалитетическую сущность.
3. В инженерно-квалитетическом моделировании производства коэффициенты обрабатываемости материалов резанием становятся одним из фундаментальных квалитетических показателей производства изделий.

Расчет квалиметрических показателей деталей машин на основе конструкторских чертежей может быть выполнен следующими методами:

- путем непосредственного анализа параметров, представленных на чертежах в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД;

- расчетами квалиметрических показателей по табличным их значениям. Таблицы единичных квалиметрических показателей прилагаются в методике: а) квалиметрические показатели массы детали; б) квалиметрические показатели материала детали; в) квалиметрические показатели шероховатости поверхности; г) коэффициенты для расчета квалиметрического показателя технологических особенностей; д) таблицы значений симметричности;

- расчеты с использованием локальных программных средств различных комплексов систем автоматизированного проектирования (САПР);

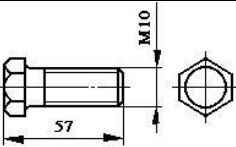
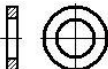
- расчеты с использованием специального программного комплекса автоматизированной системы квалиметрического анализа детали (АСКА), совмещенного с САПР 3D КОМПАС (государственная регистрация: свидетельства №2011613418, №2011619204, №2012660182, №2013612885, №2013613882);

- методом поиска значений квалиметрических показателей по специальным сборникам, оформленным в виде книг или компьютерным базам данных.

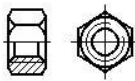
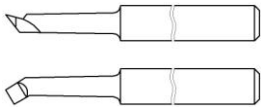
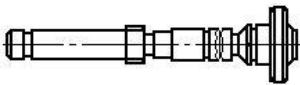
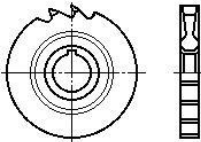
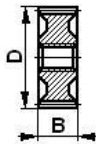
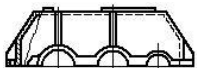
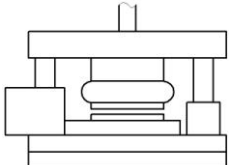
В таблице 9.17 приведены результаты расчета квалиметрических показателей деталей. Они наглядно показывают возрастание сложности деталей, выраженной в КУД.

Примеры расчета квалиметрических параметров деталей машин (вала-шестерни, колеса зубчатого) даны в Приложениях 5, 6.

Таблица 9.17 – Примеры эскизов деталей машин и их квалиметрических параметров

№ п/п	Наименование детали, обозначение, код по ЕСКД	Эскиз детали	Масса, кг	Инженерно-квалиметрический параметр КУД, квалишт.
1	2	3	4	5
1	Болт М10×50 ГОСТ 7796-70 исполнение 1		0,03742	0,360
2	Пружина 7039-2017 ГОСТ 13165-67		0,929	0,446
3	Шайба 12-015 ГОСТ 11371-74		0,0052	0,131

Продолжение таблицы 9.17

1	2	3	4	5
4	Гайка М24 ГОСТ 2524-70		0,07117	0,617
5	Резец 2140-0022 ГОСТ 18882-73		0,20	2,040
6	Вал-шестерня 132.231 (ЦЗУ-200)		1,70	5,060
7	Фреза дисковая па- зовая 2250-0011 ГОСТ 3964-68		0,48	5,910
8	Шестерня 121.481 (ЦЗУ-125)		5,60	9,350
9	Крышка 132.002 (ЦЗУ-200)		40,60	31,250
10	Штамп для сборки осей с корпусом Ш 101-11-00 1960-6007		41,00	83,680

9.9. Информационные технологии измерительных процедур

Развитие принципов измерительных процедур квалиметрического анализа производства изделий связано с фундаментальными достижениями автоматизации процессов математических вычислений. Возникновение и повсеместное применение ЭВМ породило методы информационных технологий в системно-структурных исследованиях. Они позволили инженерно-техническим специалистам, прежде всего, в сфере производства и использования средств воо-

ружения, автоматизировать процедуры построения «дерева свойств» изделий и методы расчетов количественных показателей качества.

В США это обстоятельство было осознано еще в конце 70-х годов XX в., когда в военно-воздушных силах страны специалисты предложили и реализовали Программу интегрированной компьютеризации производства ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing), направленную на увеличение эффективности управления производством и широкого внедрения компьютерных (информационных) технологий. Для этих целей в составе ICAM была разработана методология исследования структуры свойств параметров и характеристик производственно-технических и организационно-экономических показателей качества функционирования производства, названная методологией IDEF (ICAM Definition). Общая методология IDEF состоит из трех частных методологий моделирования, основанных на графическом представлении систем:

- IDEF0 используется для создания **функциональной модели**, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных потоков, связывающих эти функции;
- IDEF1 применяется для построения **информационной модели**, отображающей структуру и содержание информационных потоков, необходимых для поддержания функций системы;
- IDEF2 позволяет построить **динамическую модель** меняющихся во времени поведения функций, информации и ресурсов производственной системы.

Методология IDEF0, особенности и практические приемы в исследовательской деятельности изложены в рекомендациях научно-исследовательского Центра CALS-технологий «Прикладная Логистика» в виде руководящего документа PD-IDEF0-2000 и позже преобразованного в рекомендацию по стандартизации P50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.

Научно-практическая целесообразность применения IDEF0 основана на идее метода структурного анализа и проектирования SADT (Structured Analysis Design Technique), разработанном полвека назад Дугласом Т.Россом. Основу SADT составляет графический язык описания дерева свойств, сущность применения которого состоит в выразительности и наглядности представления широкого спектра деловых, производственных и других процессов и операций предприятия на различных уровнях детализации.

Язык SADT может генерироваться рядом инструментальных средств машинной графики. Расширение применения информационных технологий и, в частности, CALS-технологий в народном хозяйстве Российской Федерации находит научно-практическое применение в системе квалиметрического анализа интегрального показателя качества продукции.

Чтобы подтвердить значимость методов IDEF для представления в **графической форме** задач квалиметрии производства, рассмотрим на примере «Проектных решений по автоматизированной системе квалиметрического анализа машиностроительных изделий».

Функциональная IDEF0 модель системы (фрагменты задачи.).

Проектные решения по автоматизированной системе квалиметрического анализа машиностроительных изделий

Функциональная модель системы

Функциональное моделирование связано с разработкой структурных, функциональных и принципиальных схем. При функциональном проектировании определяются основные особенности структуры, принципы функционирования, важнейшие параметры и характеристики создаваемых объектов.

В данной работе использовался подход к описанию и классификации процессов в организации, основанный на применении методологии функционального моделирования IDEF0. Под процессом понимают набор взаимосвязанных и взаимодействующих операций (действий), которые преобразуют входы в выходы.

Исходя из методологии функционального моделирования IDEF0 представим контекстную диаграмму «Рассчитать трудоемкость производства изделия и заполнить сводную ведомость показателей трудоемкости» (рисунок 9.1).

На вход данного процесса поступает модель детали, представленная бумажным или электронным чертежом и 3D ГМ детали. Также на вход процесса поступают объем заказа и укрупненная маршрутная технология изготовления детали. На выходе – рассчитанная трудоемкость производства и технико-экономическая карта детали.

В качестве механизма выполнения процесса расчета трудоемкости детали выступают:

- разрабатываемая система автоматизированного квалиметрического анализа;
- инженер, который является непосредственным пользователем разрабатываемой системы.

В качестве управления процессом выступает методика квалиметрического анализа показателя трудоемкости.

Основной процесс, в свою очередь, состоит из четырех подпроцессов, которые представлены на диаграмме декомпозиции (рисунок 9.2).

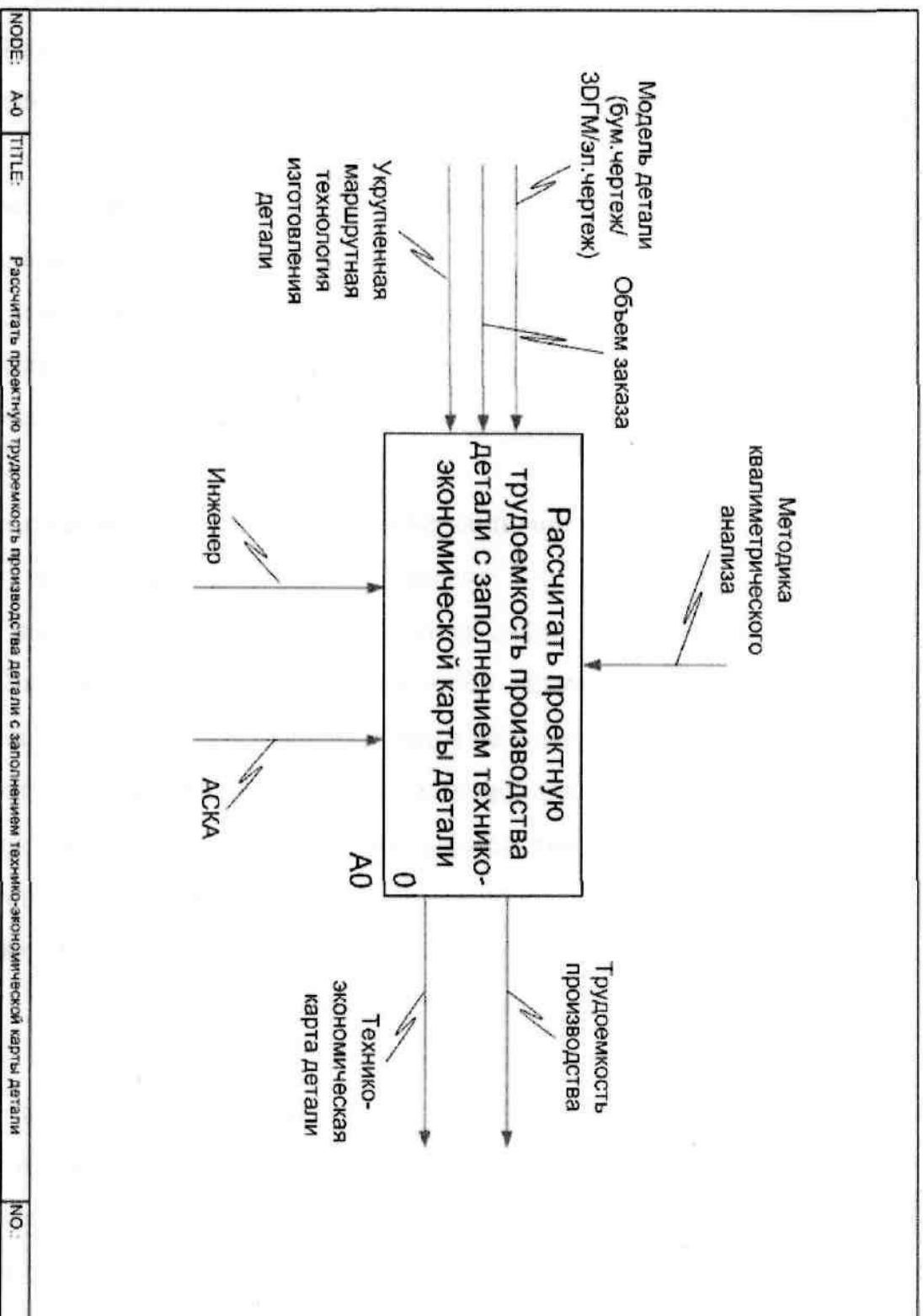


Рисунок 9.1 – Контекстная диаграмма

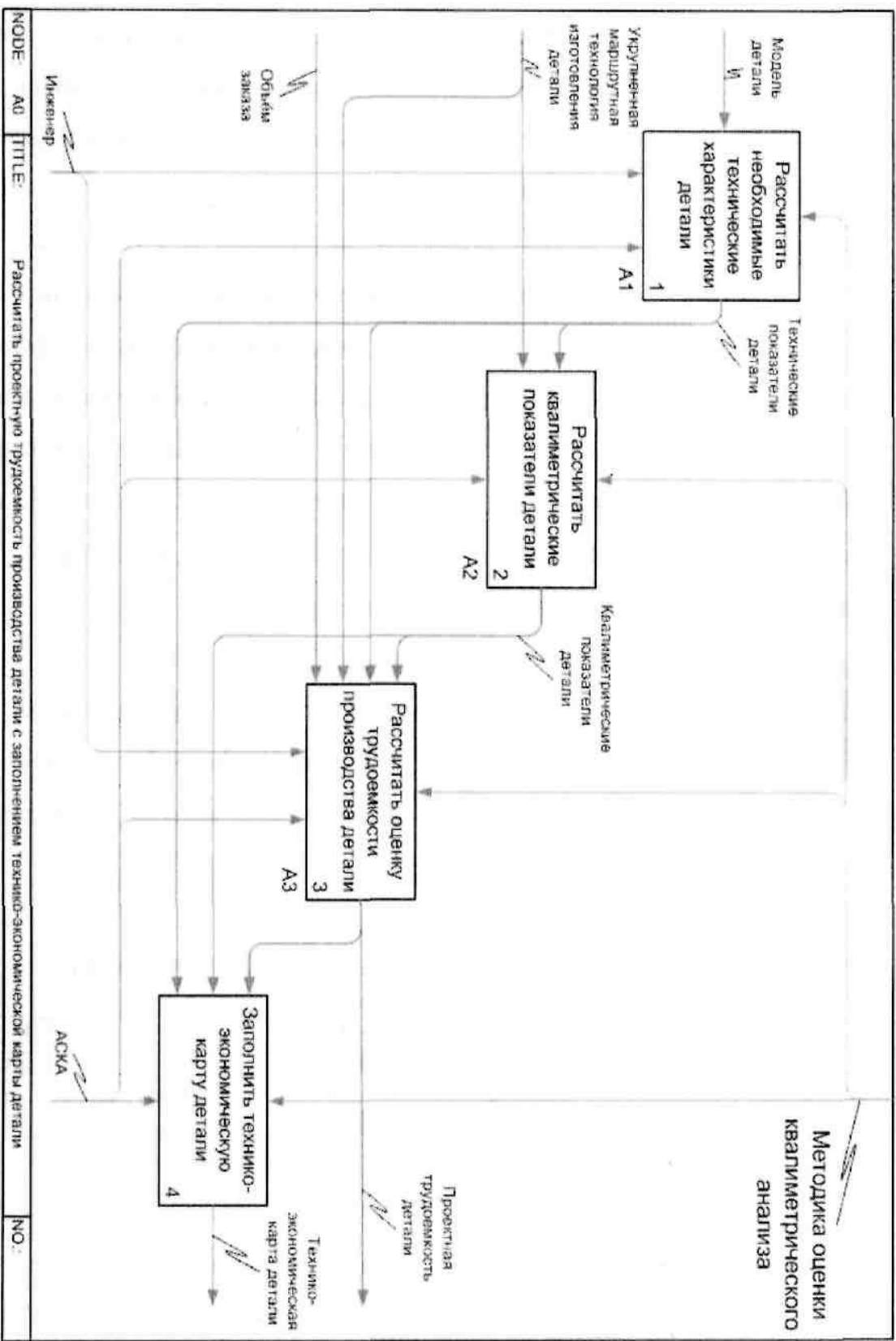
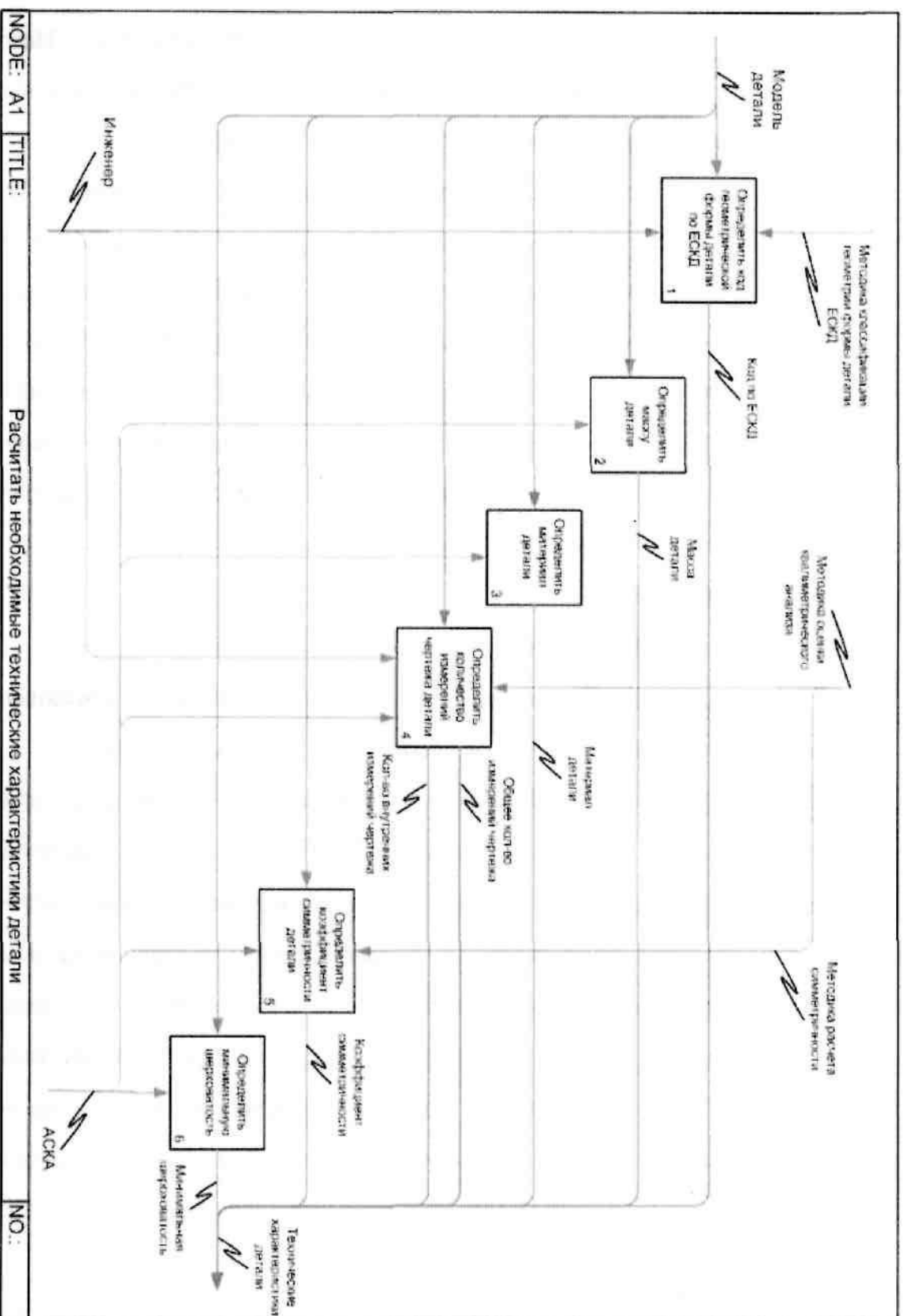


Рисунок 9.2 – Диаграмма декомпозиции «Рассчитать проектную трудоемкость производства детали с заполнением технико-экономической карты детали с заполнением технико-экономической карты детали



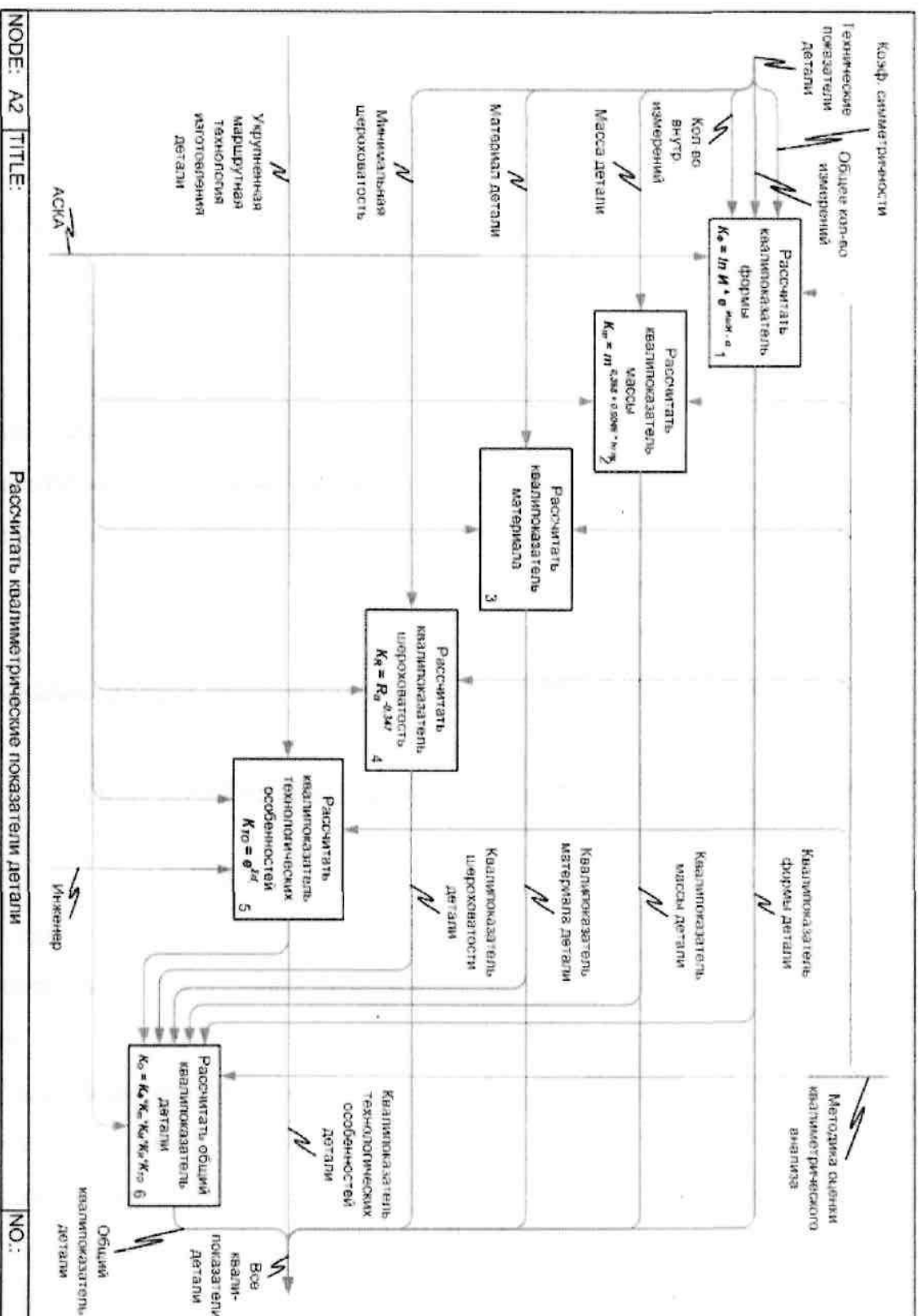


Диаграмма декомпозиции процесса служит наглядным представлением основных процессов, выполняющихся внутри основного. Благодаря ей можно детально моделировать функциональные возможности разрабатываемой системы, а также более углубленное представление используемых механизмов, входных и выходных данных. На представленной диаграмме декомпозиции показано, в каких процессах входные данные принимают участие и как преобразовываются данные в процессе расчетов. Также наглядно представлено участие инженера и системы в процессе расчетов.

Рассмотрим декомпозицию процесса A1 «Рассчитать необходимые технические характеристики детали» (рисунок 9.3). Данная диаграмма раскрывает получение технических характеристик на основе модели детали и подразделяется соответственно получаемым данным. Как видно из диаграммы, участие инженера в расчетах сведено к минимуму.

Рассмотрим декомпозицию процесса A2 «Рассчитать квалиметрические показатели детали» (рисунок 9.4). Данная диаграмма подразделяется процессы расчета квалипоказателей по представленным формулам. Из диаграммы можно увидеть, какие данные используются для получения каждого из квалипоказателей. Вновь заметим, что помощь инженера требуется лишь на одном этапе.

Глава 10. Структура и особенности технологических показателей производства деталей машин

10.1. Классификаторы деталей машин

В предыдущих параграфах характеристика конструкторско-технологических факторов, учитываемых в инженерно-квалиметрическом моделировании производства деталей, количественно представлена сложностью геометрической формы детали, маркой материала детали, шероховатостью поверхностей, массой детали и габаритами. Структура технологии производства деталей состоит из сочетания разнообразных видов технологических операций и, следовательно, для каждой отдельно рассматриваемой детали только ей присущее их сочетание становится «индивидуальным адресом», по которому устанавливаются взаимосвязи в информационной системе производства.

В квалиметрии одним из основополагающих принципов является построение «дерева свойств», отражающего в форме системы графов структуру наименований и их числовых (количественных) представлений каждого свойства, выделенного для измерения качества целого.

В инженерно-квалиметрическом моделировании производства деталей машин идея структуры дерева свойств реализована в классификации продукции народного хозяйства. Наиболее существенными для нашего исследования являются:

- а) общероссийский классификатор продукции (ОКП), высшие классификационные группировки (ВКГ);
- б) технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения (ЕСКД, ЕСТД).

В составе ОКП ВКГ выделен «Классификатор изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (Классификатор ЕСКД)», который является информационной основой единой обезличенной системы обозначения изделий и конструкторских документов и обеспечивает:

- создание единого информационного языка для автоматизированных систем управления и тематического поиска изделий и конструкторских документов, предотвращая разработки аналогов;
- определение объектов и направлений унификации и стандартизации;
- использование организациями и предприятиями конструкторской документации, разработанной другими предприятиями без ее переоформления при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте изделий;
- внедрение средств вычислительной техники в сфере проектирования и управления;

-применение кодов деталей по классификатору ЕКСД совместно с технологическими кодами (ЕСТД) при решении задач технологической подготовки производства, группировки и систематизации деталей, организации специализированных и поточно-групповых производств;

-реализацию инженерно-квалиметрического моделирования машиностроительного производства на различных этапах проектирования и производства изделий (техническое задание, эскизный проект, технический проект, опытный образец, запуск в серийное производство, прогнозирование развития производства).

Для применения в нашем исследовании квалиметрических показателей деталей машин выделены специальные классы деталей машин:

Таблица 10.1 – Специальные классы деталей машин

Классы деталей машин	Наименование деталей машин, относимых к цифровому коду класса деталей
71	Детали – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.
72	Детали – не тела вращения с элементами зубчатого зацепления; трубы, шланги, проволочки, разрезные, секторы, сегменты; изогнутые из листов, полос и лент; аэрогидродинамические; корпусные; опорные; емкостные; подшипников.
73	Детали – не тела вращения корпусные, опорные, емкостные.
74	Детали – не тела вращения: плоскостные, рычажные, грузовые, тяговые; аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос и лент; профильные; трубы
75	Детали – тела вращения и (или) не тела вращения кулачковые, карданные, с элементами зацепления, арматуры, санитарно-технические, разветвленные, пружинные, ручки, уплотнительные, отсчетные, пояснительные, маркировочные, защитные, посуда, оптические, электрорадиоэлектронные, крепежные
76	Детали технологической оснастки, инструмента

Для разветвления дерева свойств классы подразделены на подклассы, группы, подгруппы, виды. В числовом представлении полный конструкторский код детали состоит из шести цифр, каждая цифра отражает определенное свойство, присущее комплексу обобщенных свойств. Полный конструкторский код дает возможность расшифровать достаточно расширенное дерево свойств, позволяющее определить качество детали. Рассмотрим конкретный код: 711111. Какой набор свойств, присущий детали, можно выяснить по данному шести-значному коду? Построим табличную форму дерева свойств:

класс 710000 – деталь тело вращения;

класс 711000 – деталь тело вращения с наружной поверхностью цилиндрической, с длиной L до $0,5D$ включительно (кольца, диски, тарелки, крышки, фланцы, катушки, блоки и др.);

группа 711100 – деталь тело вращения с наружной поверхностью цилиндрической, с длиной L до $0,5D$ включительно без закрытых уступов;

подгруппа 711110 – деталь тело вращения с наружной поверхностью цилиндрической, с длиной L до $0,5D$ включительно, без закрытых уступов, гладкой;

вид 711111 – деталь тело вращения с наружной поверхностью цилиндрической, с длиной L до $0,5D$ включительно, без закрытых уступов, гладкой, без наружной резьбы.

В представленном перечислении свойств преднамеренно повторяются наименования классов, подклассов, групп и т.д., поскольку в конечном шести-значном коде (комплексе свойств) необходимо все переменные перечислить словами, знаками препинания и обозначениями. Назовем их логическими переменными и построим таблицу их возрастания.

Таблица 10.2 – Логические переменные

Наименование слов, знаков препинания и обозначений	Количество логических переменных				
	710000	711000	711100	711110	711111
Деталь тело вращения	3	–	–	–	–
Деталь тело вращения с наружной поверхностью цилиндрической, с длиной L до $0,5D$ включительно	–	15	–	–	–
--/--, без закрытых уступов	–	–	19	–	–
--/--, гладкой	–	–	–	21	–
--/--, без наружной резьбы	–	–	–	–	25

Исследователь качества вещей стремится еще более углубленно расширять отмеченные свойства, находя отдельные тонкости, особенности уже в ранее изученных и зафиксированных свойствах. Подтвердим высказанную мысль примером из «Иллюстрированного определителя деталей. Класс 71. Классификатор ЕСКД». М.: Изд-во стандартов, 1986. Если взять лишь **один ряд классификационных кодов, к примеру, класс 710000** – тела вращения, то обнаружим разнообразие геометрических фигур от простого круглого диска 711111 до более сложной «ступицы» 711452.

Особо отметим, что классификатор ЕКСД дает идентификацию деталей машин только по геометрической форме и не более. Обширное разнообразие элементов, **формирующих пространственную геометрию детали, обобщены в обезличенных** цифровых кодах и могут быть представлены в конструкторских документах.

Смысл и сущность производства деталей состоят в создании определенной геометрической формы тела, имеющего объем, массу, прочность, точность, надежность, долговечность, гладкость и т.п.

Ряд свойств, связанных с параметрами точности и шероховатости поверхностей детали и прочностными характеристиками, обеспечиваемыми физико-химическими свойствами материала детали, в исследованиях определены квалиметрическими показателями шероховатости (K_R), массы детали (K_m), материала (K_M). Однако перечисленные параметры в действующих нормативно-технических и управленческих законодательных документах пока еще не предусмотрены. Такое положение наталкивает на поиск места квалиметрическим показателям в действующей системе Классификаторов деталей машин. Наиболее приемлемым документом является действующий в РФ «Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения» (Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1987).

10.2. Взаимосвязь технологических операций

Дерево свойств, представленное классификатором ЕКСД и технологическим классификатором деталей машиностроения, не имеет на своих «ветвях» явно выраженные квалиметрические показатели производства деталей. Однако они составляют основную «крону» для дополнения их ветвей новыми свойствами, раскрываемыми в ходе анализа. В приведенном примере (рисунок 10.1) конструкторско-технологического кода детали «Вал шлицевой» АБВГ.715423.004.8И304У4.31418УУГ пятнадцатая цифра 4 определяет вид детали по технологическому методу: деталь, обрабатываемая резанием.

Конструкторско-технологический код, как видно из примера, не дает структуру технологических операций. Дальнейшее ветвление дерева свойств может быть продолжено в зависимости от целей исследователя технологии производства. Инженерно-квалиметрическое моделирование производства деталей в целевой функции ставит задачу определения трудоемкости производства отдельно взятой детали, поэтому состав технологических операций является существенной частью уровня технологичности конструкции детали.

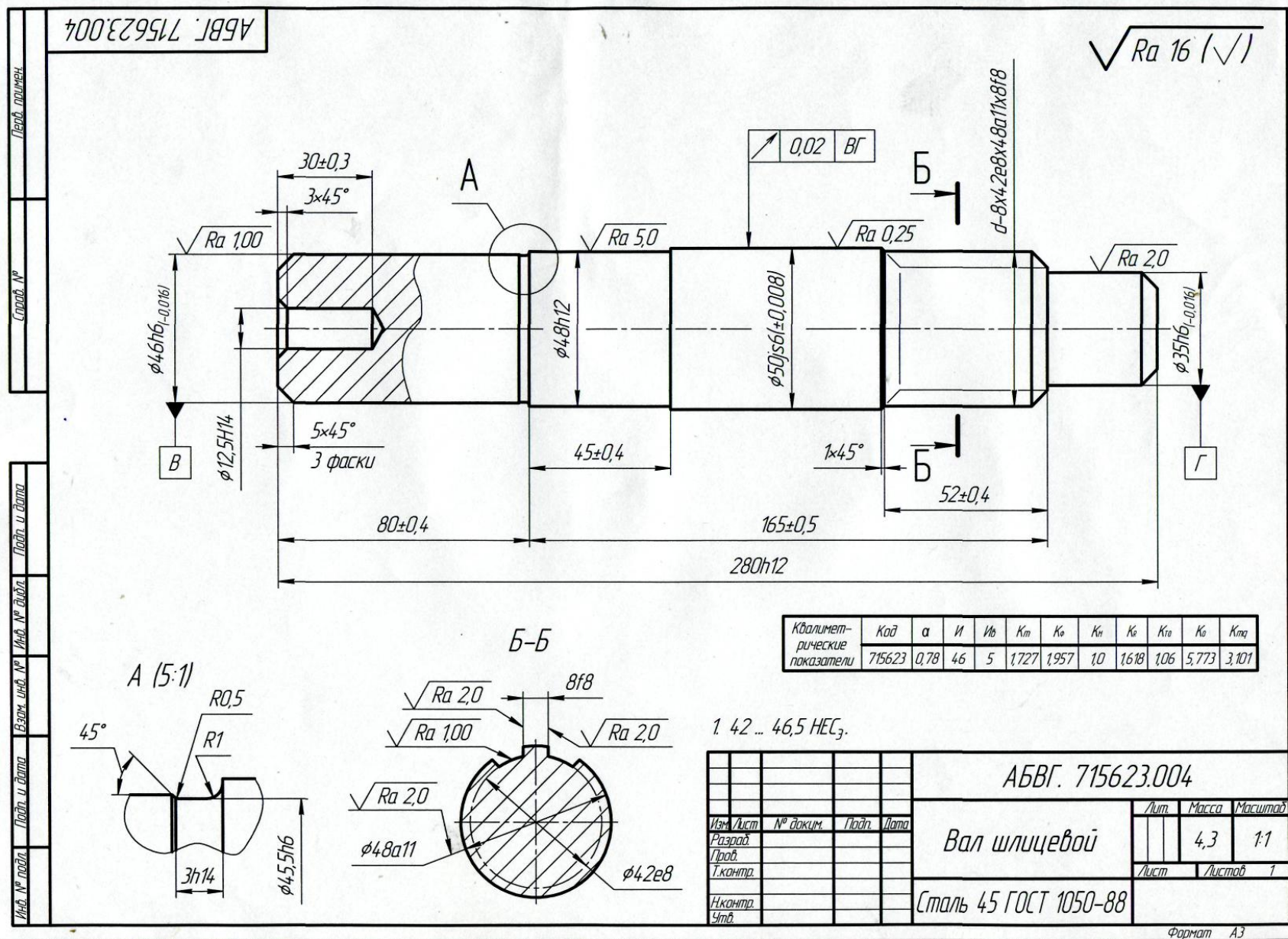


Рисунок 10.1 – Вал шлицевой

В рассматриваемом примере из дерева свойств возьмем часть кода «Вал шлицевой» АБВГ. 715423.004.8ИЗ0У4.

Таблица 10.3 – Пример дерева свойств

Словесное описание свойств детали	Коды свойств
Организация, разработавшая конструкцию	АБВГ
Деталь – тело вращения с L/D свыше 2, с наружной цилиндрической поверхностью, без закрытых уступов, ступенчатой двусторонней, без наружной резьбы, с пазами или шлицами на наружной поверхности, без отверстий вне основной детали	715423
Порядковый регистрационный номер в спецификации изделия	004
Размерная характеристика, мм: наибольший наружный диаметр – 50; длина – 280; диаметр центрального отверстия – 12,5	8ИЗ
Группа материала: сталь углеродистая конструкционная (сталь 45)	ОУ
Вид детали по технологическому методу: деталь обрабатываемая резанием	4

Стандартный технологический классификатор не расшифровывает перечень технологических операций применяемых для изготовления рассматриваемой детали. Исследователю состава производства детали предоставлена возможность для дальнейшего поиска новых ветвей дерева свойств, путем перечисления в ответвлении технологического процесса ряда операций по коду: «4.Деталь, обрабатываемая резанием». Практика механической обработки резанием обобщена и сведена к стандартным перечням операций механической обработки резанием (ГОСТ 17420-72).

Развитие примера с использованием перечня операций (таблица 10.4) можно выполнить следующим путем:

Таблица 10.4. – Перечень технологических операций

Присвоенные коды	Наименование операций
01	Операции, выполняемые на станках токарной группы
02	Операции, выполняемые на станках сверлильной группы
03	Операции, выполняемые на станках расточной группы
04	Операции, выполняемые на станках шлифовальной группы
05	Операции, выполняемые на станках отделочной группы
06	Операции, выполняемые на станках зубообрабатывающей группы
07	Операции, выполняемые на станках фрезерной группы
08	Операции, выполняемые на станках строгальной группы
09	Операции, выполняемые на станках долбежной группы
10	Операции, выполняемые на станках протяжной группы
11	Операции, выполняемые на станках отрезной группы
12	Операции, выполняемые слесарными инструментами

Расчет показателя технологичности конструкции детали, выполняемой на стадии рабочих чертежей без разработки подробной технологии изготовления, можно ограничить лишь указанием основных видов технологических операций (маршрутной технологии), например, в рассматриваемом примере вала шлицевого это будут:

- 11. Отрезная операция;
- 01. Токарная операция;
- 04. Шлифовальная операция;
- 07. Фрезерная операция;
- 12. Слесарная операция.

Разумеется, для полной характеристики технологических особенностей и для расчета технологической трудоемкости по развернутой формуле штучно-калькуляционного времени ($T_{шк}$) изложенный метод кодирования недостаточен. Однако для предлагаемого нами инженерно-квалиметрического моделирования производства деталей машин достаточно ограничиться лишь маршрутной технологией, то есть простановкой перечня основных технологических операций и их кодов. Но такое ограничение требует совершенно иного подхода к разработке системы норм времени на каждом отдельном предприятии и в отдельности по каждому производственному подразделению.

Методология составления таких укрупненных нормативов трудоемкости выполнена для условного производственного подразделения (цеха, участка, мастерской), названного: «Виртуальное компьютерное предприятие».

С изложенных позиций разновидность дополненного конструкторско-технологического кода детали будет иметь последовательность знаков:

АБВГ.715423.00У.8ИЗ044.3141844Г

11. Отрезная операция;
01. Токарная операция;
04. Шлифовальная операция;
07. Фрезерная операция;
12. Слесарная операция.

В принципе построения дерева свойств могут быть ветви от каждого стволового ответвления, то есть от каждого знака основного конструкторско-технологического кода. Это зависит от целевых алгоритмов инженерно-квалиметрического моделирования производства детали.

10.3. Показатели технологичности конструкции детали

Длительный период функционирования промышленно-экономической системы привел исследователей практики производства к необходимости к качественным и количественным критериям анализа состояния результатов производства продукции. Среди множества технико-экономических показателей была сформулирована система показателей технологичности конструкции изделия, в которой перечень отдельных требований к технологичности оказался столь разнообразным по своей научно-инженерной методике расчетов, что потребовались такие сильные многосторонне знающие специалисты, воплощающие в себе конструктора плюс технолога, плюс материаловеда, плюс экономиста и в целом – специалиста по инженерно-квалиметрическому анализу производственных процессов.

Исходя из такой универсальной необходимости институт стандартизации Госстандарта СССР, возглавляемый в то время д.э.н. А.В.Гличевым, выдвинул идею создания комплекса стандартных требований, объединенных под названием «Единая система технологической подготовки производства. ЕСТПП», общие положения которой официально вышли в 1973 году под шифром ГОСТ 14.001-73. В настоящее время ГОСТ 50-297-90. Технологическая подготовка производства. Основные положения.

Законодательно было определено, что «1.1. **Единая система технологической подготовки производства** – установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ».

В составе классификационных групп стандартов ЕСТПП предусмотрен и разработан специальный стандарт «Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия».

Рассмотрим перечень показателей ГОСТ 14.201-83.

На первом месте в перечне показателей рекомендуется трудоемкость изготовления изделия при обязательном ее расчете для детали, сборочной единицы, комплекса и комплекта изделий. Причем расчеты на стадиях разработки конструкторской документации **трудоемкости изготовления деталей** должны выполняться: «**обязательно определение приближенного значения показателя укрупненными методами**». Таким образом, требование стандарта порождает необходимость разработки обязательного метода расчета трудоемкости производства детали, и не только общей трудоемкости для данной детали, но и ее удельной трудоемкости.

Здесь возникает важная методологическая проблема осмысления понятия «удельная трудоемкость». Стандарт не устанавливает единого понятия и не приводит метод расчета в ГОСТ 14.107-77 «Расчет трудоемкости изготовления изделия с применением средств вычислительной техники».

В естественных науках среди важнейших производных единиц СИ в механике принята единица плотности (удельного веса тела), количественно выражаемая отношением массы тела к его объему ($\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{см}^3$). Обратная плотности величина названа удельным объемом ($\text{м}^3/\text{кг}$, $\text{см}^3/\text{г}$). Интерес представляет само зарождение единицы удельного веса, потому что единицей измерения массы (веса) была принята масса одного литра, воды (1 дм^3) при 4°C . Следовательно, удельный вес воды равен $1 \text{ г}/\text{см}^3$, $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, $1 \text{ т}/\text{м}^3$. Если сравнивать, плотности (удельные веса) других веществ с плотностью воды, то получится ряд чисел, не имеющих размерности. Например, сталь 45 имеет плотность $7,8 \text{ г}/\text{см}^3$ и по отношению к плотности воды можно выразить

$$K_{\text{пл.ст.}} = \frac{\text{плотность ст.45}}{\text{плотность воды}} = \frac{7,8 \text{ г}/\text{см}^3}{1,0 \text{ г}/\text{см}^3} = 7,8 \text{ единиц плотности воды.}$$

Простое преобразование дает повод для рассмотрения понятия «качество» с количественным выражением по сравнению с базовой величиной одного из свойств воды – ее удельного веса. В метрологии (см. Политехнический словарь. С.634) «безразмерную величину, представляющую собой отношение плотности рассматриваемого вещества к плотности **образцового** (подч. – Ю.П.) вещества (воды при температуре $3,98^\circ\text{C}$, воздуха в стандартных условиях), называют **относительной плотностью**».

Следует заметить, что изложенный метод выражения свойства вещества (тела) есть основной метод изучения качества и его выражения количественно рядами чисел. Следовательно, квалитетическая методология науки существовала и без своего названия, она присутствует в жизни давно. Нам остается лишь одно – применить метод удельных величин к квалитетическому анализу производства деталей машин и к одному из важнейших показателей (параметров) – удельной трудоемкости производства.

Здесь следует отметить основную (фундаментальную) экономическую категорию, которая порождает ряд инженерно-квалитетических показателей. Эта категория – стоимость. К сожалению, до сих пор нет единства толкования и количественного выражения ее сущности. Ранее была показана необходимость – исходить из понятия стоимости, данного еще в 1844г., а именно: «Стоимость есть отношение издержек производства к полезности». Снова возникает необходимость поиска аналога в категории естествознания, в данном случае в по-

нятии второго закона И.Ньютона: сила есть произведение массы и ускорения, то есть

$$F = m \times a, \text{ кгм/с}^2.$$

Единица силы названа по имени И.Ньютона 1 Н, то есть если массу принять 1 кг, расстояние движения 1 м, время движения 1 с², то появляется сила равная 1 ньютому. В случае выражения силы, например, в 8 ньютонов, нет однозначного ответа на вопросы: сколько килограммов, какое расстояние движения, какова длительность и ускорение движения.

Таким образом, и здесь, в законе физики, есть проявление разных свойств тела, двигающегося в пространстве и времени и исследователи применили единый критерий качества, количественно представляемый относительной единицей качества движения – ньютоном, который наводит на мысль о наличии квалиметрического смысла. По аналогии рассмотрим понятие стоимости, сформулированное Ф.Энгельсом.

Выражение понятия стоимости математически выразится формулой

$$C = \frac{E}{U} \text{ (размерность не выражена).}$$

Количественное представление числителя и знаменателя остается пока проблемной задачей.

Обратимся к производственной практике изготовления детали. Прежде всего, необходимо иметь информационные носители: чертежи, технологический процесс, комплекс управленческо-экономических документов – они используются, расходуются, исправляются. Следовательно, мы имеем факт издержек информации. Реальными, вещественно фиксируемыми издержками являются материалы. Обработка материалов потребует издержек, связанных с потреблением на рабочих местах различных видов энергоносителей. Главным смысло-содержательным видом издержек являются издержки труда исполнителей работы. Вот каким образом перечисление издержек обобщает ГОСТ 14.201-83.

Под пунктом 1.Трудоемкость изготовления изделия.

Под пунктом 2. Удельная материалоемкость изделия.

2а. Удельная металлоемкость изделия.

2б. Удельная энергоемкость.

2в. И прочее (исследователь практики волен добавлять по своему алгоритму анализа издержек).

Под пунктом 3. Технологическая себестоимость изделия. (Авторы стандарта, под пунктом 3, видимо, полагают, что существует нормативно-законодательный документ, излагающий порядок расчета и анализа альтернатив себестоимости конструкторско-технологического проектирования изделий).

Попытаемся взглянуть в суть показателя с позиций понятия стоимости. Прежде всего, что означает «емкость»? «Политехнический словарь» (1989) предупредительно рекомендует: «Под емкостями понимаются сосуды для хранения и транспортировки жидкостей, газов или сыпучих тел. Внутренний объем сосудов следует называть **вместительностью** (а не емкостью)». (С.634). Как тогда рассматривать емкость труда, емкость электроэнергии, емкость информации и т.д., то есть общее выражение – «емкость изделия производства» или «издержкоемкость». Вызывает некоторое отторжение смысл показателя «себестоимость технологическая». Рынок (какой не уточняется) не признает то, что «себе стоимость», может быть «ему стоимость», а не лучше ли «тебе стоимость», возможно, это «в себе стоимость», то есть стоимость, воплощенная в самом продукте (изделии).

Политическая экономия советского периода не разрешила спорные проблемы понятия «стоимость» и «ценность». Производственная практика приняла в основу управления всю систему понятий, критериев, методов расчета – одним словом, рыночную бухгалтерию и финансовые порядки прошлых методов управления.

В формуле стоимости обозначения даны английскими символами, хотя слова «cost», «expenses», «utility» весьма не однозначны в практике применения английского языка. Это наглядно проявляется в переводе на русский язык и часто в смысловом выражении и научном использовании можно трактовать как «стоимость» или «цена» или «ценность» или «издержки». Однако, знак, выставленный в математическую формулу, становится однозначным выражением сущности математических преобразований. Поэтому однозначно определяется, что знак «С» отображает суть понятия «стоимость» как отношение издержек производства к полезности изготовленного изделия, в данном исследовании – это отношение издержек производства детали к ее полезности. Но возникает еще более запутанное в экономической теории понятие «полезность». Споры ведутся с конца 18 века до сих пор.

Не вдаваясь в полемический «хаос», можно определить позицию следующим алгоритмом:

1. Каждая деталь машины имеет совокупность свойств, определяющих ее способность удовлетворять требованиям общего функционирования машины, выполнения приданных ей функций в агрегированных взаимосвязях деталей;
2. Каждое свойство детали полезно: полностью, частично, бесполезно.

Допустим, что необходимо рассмотреть состав и структуру стоимости конкретной детали Д. Обозначим структурные единицы знаком «*d*» и представим расчетную формулу стоимости:

$$E_d = T_d + \mathcal{E}_d + M_d + I_d, \quad (10.1)$$

где T_d – издержки живого труда на производство детали, трудочасы; \mathcal{E}_d – издержки энергии на производство детали, киловатчасы; M_d – издержки материалов, кг, м, м², м³, др.; I_d – издержки информации, бит, байт, логон, страница, печатный лист.

Перечисление ограниченного числа слагаемых показывает, что в понятие стоимости входят издержки производства, обозначаемые весьма большим разнообразием размерностей и единиц измерения. Такое явление показывает, что издержки производства необходимо понимать как структурное единство параметров стоимости, то есть как инженерно-квалиметрическое понятие, применимого в создании системы норм и нормативов для расчетов издержек производства в соответствии с их конкретными целевыми назначениями и, естественно, со своими или метрологически комбинированными размерностями.

При таком методическом ограничении стоимость будет представлена удельными значениями издержек производства: удельные затраты живого труда

$$- \frac{T_d}{Q_d} \left[\frac{\text{трудочасы}}{\text{квалиединица}} \right]; \text{ удельные затраты материалов} - \frac{M_d}{Q_d} \left[\frac{\text{кг (м, м}^2, \dots)}{\text{квалиединица}} \right];$$

$$\text{удельные затраты энергии} - \frac{\mathcal{E}_d}{Q_d} \left[\frac{\text{квтчас}}{\text{квалиединица}} \right]; \text{ удельные затраты инфор-}$$

$$\text{мации} - \frac{I_d}{Q_d} \left[\frac{\text{бит, байт (логон)}}{\text{квалиединица}} \right].$$

Изложенный вариант интерпретации стоимости как отношения издержек производства к полезности широко используется в естественных науках. Экономисту достаточно вникнуть в структуру взаимосвязей основных, дополнительных и производных единиц Международной системы единиц (СИ) как возникнет убеждение в том, что стоимость есть категория не чисто экономическая и даже вообще не экономическая, а она – эта «стоимость» есть отношение издержек производства к полезности и как категория есть категория инженерно-квалиметрическая. Стоимость есть мост (квалиметрический), соединяющий инженерию (конструкторско-технологическую) с экономикой. **Нельзя приписывать стоимости имя цены.** Отсюда начинается путаница во всех разновидностях экономических теорий. Стоимость количественно предстает перед исследователем как **квалиметрическая матрица удельных величин**: трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, информатоемкости и других реально действующих факторов издержек производства.

В перечислении квалиметрических удельных величин издержек производства в роли «емкости» выступает деталь, единица ее величины – 1 штука, физически ощутимая, документально-информационно фиксируемая. Однако как переменная величина, деталь имеет разнообразные свойства, которые, как было показано ранее, количественно выражаются единичными и частными квалиметрическими показателями: сложности, массы, материала, шероховатостей, точности, разнообразием технологических операций производства. В учебном пособии инженерно-квалиметрическая единица детали названа квалиметрической штукой (квашт) или квалиметрически условной деталью (КУД).

В методических рекомендациях предпочтение дано единице – квалиштука и кваликилограмм. Квалиштука становится той емкостью, вместительность которой выражается удельной трудоемкостью, удельной материалоемкостью, удельной энергоемкостью, удельной информაციоемкостью, короче – **емкостью пользы** (по В.И. Далю).

10.4. Удельная технологическая трудоемкость

В системе стандартов ЕСТПП разработаны отдельные стандарты, устанавливающие «Правила обеспечения технологичности конструкций изделий», в которых в номенклатуре показателей выделены:

- трудоемкость изготовления изделия (детали);
- уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления;
- относительная трудоемкость заготовительных работ;
- относительная трудоемкость процесса изготовления по видам работ;
- относительная трудоемкость подготовки изделия к функционированию;
- относительная трудоемкость ремонтов изделия;
- удельная трудоемкость изготовления изделия;
- удельная трудоемкость подготовки изделия к функционированию;
- удельная трудоемкость профилактического обслуживания функционирующего изделия;
- удельная трудоемкость ремонтов;
- коэффициент взаимозаменяемости.

В номенклатуре «дополнительные технические показатели» установлены;

- удельная материалоемкость изделия (детали);
- коэффициенты использования материалов;
- коэффициенты применяемости материалов;
- коэффициенты точности обработки;
- коэффициенты шероховатости поверхности;
- коэффициенты общности и перспективности использования в других изделиях.

В стандартах не установлены принципы, методы и правила расчетов количественных показателей. Возникают проблемы выбора правил для расчета параметров требуемых стандартом показателей. Прежде всего, необходимо определить, что означает слово «удельный». Толковые словари (В.И. Даль – 1882г., С.И. Ожегов – 2017г.) разъясняют: «уделять, уделить что кому или на что, отделяя снабжать, отдавать, назначать часть кому или, на что... он часть доходов уделяет родным... и т.д. Удельный вес, физически уравнивательный, сравнительный, относительный; вес тел, веществ, сравненный с весом воды, по объему ... при 4°С». Здесь следует отметить особенности возникновения понятий и их применение в связи с развитием естественных наук, в частности физики и математики. Понятия возникают в общественных взаимоотношениях, затем приобретают значение для количественных преобразований. Как видно из примера, удел, удельный (удельные князья, владения князя, коими великий князь оделял князей, сыновей своих и родичей) сначала отражают социально-политические взаимоотношения. Затем возникает необходимость в поиске наименований для процессов преобразований в природе и научных исследованиях. Среди многих примеров, относящихся к квалитетическим изысканиям, можно привести термины: добротность колебательного контура, удельный вес тела, удельная материалоемкость, удельная теплота, работа – все они проникли в физику из социальных взаимоотношений людей и утвердились в научных областях для наименований количественных показателей явлений и процессов.

Рассмотрим показатель «удельная трудоемкость детали». Прежде всего, возникает вопрос: как показать деталь, что она «вместитель издержек труда»? В натуральной форме детали, как бы ни рассматривали ее, количество вложенного в нее труда мы не увидим. Трудовое вместилище детали может быть отражено в ее производственной истории – количеством информации, зафиксировавшей издержки живого труда, то есть величиной трудоемкости.

Для уяснения вопроса о том, как слова обыденной жизни превращаются в количественные показатели можно взять пример из «Справочника школьника и студента по физике» (Р. Гёбель. М.: Дрофа, 2000. Пер. с нем.). Любой человек чувствует теплоту, физики употребляют показатель «количество теплоты», обозначают символом Q и дают наименование «джоуль» с кратким обозначением единицы измерения – Дж. Затем раскрывают символ через основные единицы международной системы единиц SI: килограмм – масса (вес) теплоносителя (кг), расстояние движения – метр (м), время действия секунда (с), соединяют единицы математическими знаками умножения, возведения в степень, деления и получается математическая комбинированная единица измерения количества теплоты 1 джоуль (Q):

$$Q = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ кг} \times 1 \text{ м}^2 : 1 \text{ с}^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2.$$

Ученые присвоили теплоте и ее количественному выражению имя английского физика Джоуля (Joule) Джеймса Прескотта (1818-1889 гг.), который экспериментально обосновал закон сохранения энергии, определил механический эквивалент тепла.

Затем физики к слову «тепло» добавили понятие «емкость» и предложили показатель «теплоемкость» с именем Джоуля деленный на Кельвин:

$$C = 1 \text{ кг} \times 1 \text{ м}^2 / (\text{с}^2 \times \text{К}) = 1 \text{ Дж/К}.$$

Емкость, которая содержит в себе теплоту, названа комбинацией (делением) имени Джоуля с анонимным именем английского физика Томсона Уильяма (барон Кельвин). Следовательно, в просторечии получилось – теплоемкость Джоуля-Кельвина.

Физики для целей количественного анализа процессов преобразования теплоты, вводят нормативную величину «удельная теплоемкость»:

$$C = 1 \text{ м}^2 : (1 \text{ с}^2 \times 1 \text{ К}) = 1 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} = 1 \text{ м}^2 / (\text{с}^2 \cdot \text{К}).$$

Подобных изложенному примеров можно приводить в физике, химии, в металловедении, биологии и других направлениях исследований. Они являются примерами количественного выражения результатов исследований качества веществ, энергии с помощью информационных единиц квалиметрии.

Методы информационного моделирования производственных процессов с применением денежных измерителей не дают устойчивых закономерностей. Постоянная неустойчивая система валют (мировых) и денежных национальных единиц не позволяют находить закономерности взаимосвязей физико-химических единиц измерения с бухгалтерско-банковскими единицами измерения общественных явлений. Задача состоит в нахождении единиц измерения более устойчивых, выражающих функциональные взаимосвязи физико-химических единиц производства с трудовыми единицами. В этом заключается **задача исследования показателей, введенных в систему стандартов ЕСТПП.**

По аналогии с примером из физики можно определить емкостью деталь, как элементарную часть машины. Затем раскрыть содержащиеся свойства в этом элементе. Как было показано в первоначальных разделах книги, свойства детали, формирующие ее в качестве емкости труда, включают в информационный паспорт: физический объем (см^3), массу (кг), количество размеров (И), химическую формулу материала (Fe_3C), микронеровности (мк), сложность геометрической формы (логон). Придав перечисленным параметрам нормативные значения в виде безразмерных коэффициентов, вполне логично присваиваем детали имя квалиметрическая, то есть количественно представленная совокупность параметров определяющих базовую деталь для измерения затрат труда. Если в достаточно продолжительное время (месяц, квартал, год) фиксировать данные о

параметрах технологического процесса изготовления детали (деталей) в конкретных производственных условиях с выделением по рабочим местам, участкам, цеху, то определяются реальные количественно выраженные показатели технологичности производственного процесса. Для квалиметрического анализа технологической рациональности такими показателями будут:

- заказ, шифр;
- количество в заказе (шт., кг и т.п.);
- наименование и шифр изделия;
- наименование и шифр детали;
- код конструкторский детали (шестизначный по классификатору ЕСКД);
- шифр, номер, код, наименование производственного подразделения;
- коды и наименования конструкторско-технологических показателей:

масса детали (кг); количество размеров, проставленных на чертеже детали (И, шт.), в том числе размеры во внутренних полостях и углублениях (I_v , шт.); симметричность геометрической формы детали (α); площадь развертки листа (F , см²); сложность геометрической формы детали (K_ϕ); материал детали, ее марка (ст.45); шероховатость поверхности (R_a); технологические особенности (Σd_i); общий квалиметрический показатель детали (K_o).

Особо выделяются показатели заготовки, из которой изготавливается деталь: наименование заготовки, шифр и код (по классификатору ЕСКД); размеры габаритов (м) и масса одной штуки (кг); квалиметрическая масса (кваликг).

Для расчетов технологичности конструкции по трудоемкости изготовления фиксируют затраты технологического времени на изготовление детали по комплексу операций маршрутной технологии с выделением операций (доля, часы): отрезная, токарная, фрезерная, сверлильная, расточная, шлифовальная, зубообрабатывающая, строгальная (долбежная), протяжная, отделочная, слесарная, штамповка, сварка. Выделенные маршрутные комплексы технологических операций охватывают более 90% постоянно повторяющихся видов технологических операций, применяемых в реальном производстве деталей машин.

Особые виды технологических операций, применяемых при изготовлении деталей, отражаются в показателе «технологическая особенность детали» ($K_{то}$). Для расчетов коэффициента технологических особенностей составлен примерный перечень наименований видов обработки: резьбошлифование, зубошлифование, оптико-профилешлифование, заточка, зубозатылование, доводка резьб, полировка, шабрение, слесарная обработка вручную, пайка. Особые виды обработки, возникающие в процессах производства, не вошедшие в перечень технологических особенностей, в конкретных предприятиях могут добавляться, если их влияние на фактическую трудоемкость проявляется не как одноразовое, а как значительное количество раз фиксируемое в изготовлении деталей.

Коэффициенты технологических особенностей для каждой детали рассчитываются по формуле

$$K_{\text{то}} = e^{\sum d_i}, \quad (10.2)$$

где d_i – коэффициент i -ой технологически особо веденной операции (см. таблицу 4 – Коэффициенты для расчета квалиметрического показателя технологических особенностей).

Показатель удельная трудоемкость – это количественное выражение отношения величины «трудовые затраты» или «издержки труда» к какому-то выделенному у предмета труда (продукта производства) параметру, количественно выражающему комплекс свойств производственной или личной потребности.

В существующей общественной системе, точнее в машиностроительной производственной практике, пока нет логически доказанной величины ни трудоемкости, ни емкости, ни труда как сущностей и метрологических величин. Определения и стандартизованные показатели величин, являющихся на границе между инженерными и естественно-научными отраслями знания и экономически рубле-долларовыми рассуждениями политэкономии, расплывчаты, уходят из образа производства машин как «плывущие и исчезающие облака». Возникает насущная необходимость в государственном масштабе обратиться к научному направлению измерения качества, сформулированному полвека назад инженерами под названием «квалиметрия».

Квалиметрический метод позволяет уточнить понятие «удельная трудоемкость», введенное в ГОСТы ЕСТПП еще в 1973 г. Понятие и величина «труд» реализуется в виде «выполнения работы» на конкретном рабочем месте по осуществлению технологических операций. В отмеченном смысле проявление трудоспособности человека-специалиста (работника) измеряется метрически определенной единицей в часах, минутах, секундах, то есть так, как электрическая или иная продолжительность во времени. Однако в метрологии вводится понятие «работа» и единицей измерения принимается джоуль (Дж) $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^2$. Возникает проблема: как определить физиологическую и целесообразно-психологическую работу оператора на конкретном рабочем месте, имеющем все метрологические величины, единицы и процедуры измерения. Практика Ф.У. Тейлора, многих исследователей разных стран, советского периода СССР оставила в наследство разные варианты подхода к измерению содержания трудовых процессов на рабочих местах трудящихся людей (сотрудников в научных организациях, трудников православных монастырей, работников у работодателей).

Действующие в системе трудовых взаимоотношений официально признанные положения и правила объединяются в Трудовой кодекс Российской Федерации. Раздел IV Трудового кодекса определяет принципы и правила нормирования и оплаты труда. Ст. 143 устанавливает: «Тарификация работ –

отнесение видов труда к тарифным разрядам или квалификационным категориям в зависимости от сложности труда. Сложность выполненных работ определяется на основе их тарификации».

Практическое применение указанного разъяснения осуществляется в нормировании штучно-калькуляционного времени выполнения технологической операции и определении разряда сложности работы на данной операции. В системе тарификации работ по сложности выполнения операции в мировой практике технологического проектирования возникли теоретические обобщения в виде формул взаимосвязей между тарифными разрядами и коэффициентами сложности труда. Одним из таких обобщений в истории экономики труда явилась формула С.Г. Струмилина (Струмилин С.Г. Избранные произведения. Т.3. Проблемы экономики труда М.: Наука. 1964. С.77. 524 с.):

$$x = 0,8 + 0,2r; \quad \text{Тред} = 0,8 + 0,2R, \quad (10.3)$$

где x , Тред – трудовые единицы квалификации; r , R – разряд квалификации работы.

Приведенная формула расчета трудовых единиц (Тред) С.Г. Струмилиным заявлена в апреле 1919 г. в его докладе «Квалификация труда и выучка рабочих» (II Всероссийский статистический съезд. Москва, апрель 1919 г.) (см. в книге «Материалы по статистике труда», вып. 6. П. 1919).

Специалисты по трудовому праву в 2007 г. выпустили для массового читателя «Комментарий к Трудовому кодексу Российской Федерации. Постатейный, научно-практический». Для разъяснения ст. 143 «Тарифная система оплаты труда» авторы дают Приложение к постановлению правительства Российской Федерации от 29 апреля 2006 г. №256 в виде таблицы 10.5:

Таблица 10.5 – Межразрядные тарифные коэффициенты Единой тарифной сетки (ЕТС) по оплате труда работников федеральных государственных учреждений

Разряды оплаты труда																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Межразрядные тарифные коэффициенты (2006-2017 гг.)																	
1,0	1,04	1,09	1,142	1,268	1,407	1,546	1,699	1,866	2,047	2,242	2,423	2,618	2,813	3,036	3,259	3,51	4,5
Треды Струмилина (1919 г.)																	
1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4
Тарифные коэффициенты в промышленности СССР (1960-1972 гг.)																	
1,0	1,15	1,32	1,52	1,77	2,06	2,40	2,80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Макет тарифной системы (машиностроение, 2001 г.)																	
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
Информационно-квалиметрический метод (1974 г.)																	
1,0	1,28	1,44	1,62	1,84	2,05	2,32	2,61	2,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Сопоставительное сравнение тарифных коэффициентов позволяет сделать вывод о том, что существует фундаментальный закон и принцип его проявления в трудовой деятельности, а именно: всякое взаимодействие материальных частей и их энергетических потенциалов под управлением человека создает новые качества. В этом аспекте трудовой процесс, реализуемый в форме технологической операции, не является исключением. Следовательно, система: **разряды оплаты труда – тарифные коэффициенты есть базовый отправной пункт во всеобщей экономике труда**. Методологией исследований и проектирования трудовых процессов во всех отраслях производства является информационно-квалиметрический метод как объективно подтверждающий теорию тредов Струмилина и его формулы $0,8 + 0,2R = \text{Тред}$; при $R = 1 \cdot 0,2 + 0,8 = 1$ тред. При $R = 8$ коэффициент сложности трудового процесса будет $0,8 + 0,2 R = 0,8 + 0,2 \cdot 8 = 2,4$ Тред и т.д.

Проблематика создания тарифно-квалификационных справочников, бывшая в НИИТруда СССР одной из фундаментальных теоретических и методологических направлений, в современном государственном управлении проявляется весьма слабо.

Однако можно для практических задач использовать имеющиеся справочники тарификации работ (технологических операций) по сложности, по тяжести, по санитарно-гигиеническим условиям и применять для расчетов тредов по следующему правилу:

– технологическая операция тарифицирована по разряду сложности R_c , по разряду тяжести R_t , по разряду санитарно-гигиенических условий R_y , тогда Тред $= 0,8 + 0,2(R_c + R_t + R_y)$. Например, $R_c = 8$, $R_t = 3$, $R_y = 2$, следовательно, разряд квалификации технологической операции будет $R_o = 8 + 3 + 2 = 13$. Соответственно, количество трудовых единиц в данной технологической операции $T_q = 0,8 + 0,2 \cdot 13 = 3,4$ тред.

В официально действующей системе технологического проектирования в обязательном порядке рассчитывается время продолжительности технологической операции по стандартизированной формуле штучно-калькуляционного времени $T_{шт.к} = T_o + T_{всп} + T_{отм} + T_{одн} + T_{пз}$ и измеряется в минутах.

Принципы и правила метрологии (науки об измерениях) позволяют применить комбинированную размерность для выражения количества затраченного труда на каждой технологической операции в трудочасах. Выполненная работа на данном рабочем месте по изготовлению конкретной детали. С зафиксированным $T_{шт.к}$ временем в часах (минутах) позволяет приемщику детали (контролеру) записать в книге (журнале) учета строчку:

ФИО	Номер, шифр рабочего места	Наименование и код детали	Шифр технол операции	Разряды квалификации работ				Q тред
				R _с	R _т	R _у	R _о	
Петров П.П.	123Т	Вал-шестерня	530 токарная	8	3	2	13	3,4
	-//-	-//-	540 фрезерная	6	3	1	10	2,8

Подобный учет Q тред необходимо выполнить по каждой детали с расчетами по выделенным технологией операциям.

Для обобщения изложенного метода расчетов параметров трудового процесса можно рассмотреть аналоги из физики и действующей метрологии. Например, каждая хозяйка (хозяин) дома (квартиры) пользуется счетчиком электрической энергии, в котором в цифровом виде фиксируется количество потребленной электроэнергии. В платежном документе, предъявленном энергосбытовой организацией, фиксируется: вид услуги электроэнергия (киловатт-часы), № счетчика 57120907, предыдущий период – 2440 квт.час, приняты к учету – 2679 квт.час.

Рассмотрим величину: электрическая энергия и ее размерность. В справочнике по физике для школьника и студента находим: электрическая мощность обозначается символом P , именуется ватт, единица измерения вт, размерность единицы электрической мощности $1 \text{ вт} = 1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$. Единица измерения ватт названа в честь Уатта (Watt) Джеймса (1736-1819 гг.), английский изобретатель, создатель универсального теплового двигателя. Машина Уатта сыграла большую роль в переходе к машинному производству. Далее, если джоуль (Дж) разделим на секунду, то получится $1 \text{ В} \cdot \text{А}$ (1 вольт×ампер). Вольт единица электрического напряжения, разность электрических потенциалов, электродвижущей силы (ЭДС). Названа в честь Вольта (Volta) Алессандро (1745-1827 гг.), итальянского физика и физиолога, одного из основателей учения об электричестве. Один ватт равен произведению вольта (В) на ампер (А). Ампер – единица силы электрического тока, названная в честь Ампера (Ampere) Андре Мари (1775-1836 гг.), французский ученый, один из основоположников электродинамики.

Приведенные единицы измерения (вт, В, Дж, А) являясь измерителями в конструировании машин, осуществлении технологических процессов, тесно связаны с трудовыми и жизненными процессами в социально-производственной сфере, и задача состоит в создании общей науки, называемой **экономическая метрология**. В этом смысле наиболее понятное в гражданском обществе изложение единицы измерения мощности дается в «Советском энциклопедическом словаре» (1989 г.). «Ватт, единица мощности СИ, обозначается Вт. $1 \text{ Вт} = 10^7 \text{ эрг/с} = 0,102 \text{ кгс} \cdot \text{м/с} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ л.с.}$ В технике широко применяются кратные единицы: киловатт (10^3 Вт) и мегаватт (10^4 Вт)».

Аналогии в трудовой деятельности вполне уместны. Например, токарь Петров П.П. работал 1 месяц = 4 недели = $4 \cdot 5$ дней = $20 \cdot 8$ = 160 часов. Получил оплату труда за месяц 30000 руб. Часовая ставка = $30000 \text{ руб.} / 160 \text{ час.} = 187,5 \text{ руб./час.}$ Рассмотрим работу токаря Петрова П.П. в исторически прошлом 2007 г. В комментариях к Трудовому кодексу в ЕТКС приведена шкала разрядов оплаты труда. По 8 разряду сложности труда токарю Петрову П.П. начислили бы 1869 руб. за месяц (160 час.). Его часовой заработок был бы $1869 / 160 = 11,68 \text{ руб./час.}$ Как видно, соотношение часовой выработки, измеренной денежной единицей (руб.), увеличилась ($187,5 / 11,68 = 16,05$) в 16 раз. Что означает такое увеличение начисляемой оплаты одной и той же работы за (2018-2007) 11 лет? Сущность трудового процесса на рабочем месте токаря Петрова П.П. где изменилась. Разряды сложности, тяжести, условий труда остались прежними, предметы труда, относящиеся к классификационной группе «валы-шестерни», потребляемые энергетические источники не изменились, они фиксировали одинаковые суточные киловаттчасы.

Работодатели, то есть управляющие трудовой деятельностью, объясняя свои действия ссылками на банковские термины в виде коэффициентов инфляции (лат. inflation вздутие), банкротство (ит. bancfrotta <banco – скамья + rotto – сломанный), кредитование (credo – долг вверяю) и многими другими иностранными терминами, включенными с объяснениями и разъяснениями в правительственные документы, создают ползучую среду несоответствия инженерных измерителей денежным действиям.

С первых лет установления советской власти С.Г. Струмилин с одобрения Г.М. Кржыжановского изучал историю возникновения методов количественного представления квалификации трудящихся на различных предприятиях Санкт-Петербурга и Московской железной дороги. Обобщая опросы и анкеты, в частности, профессиональные карточки питерских слесарей (разработки профессора Б.Н. Бабынина), приходит к выводам, которые легли в основу квалификации видов работ и квалификации профессий в трудовых единицах (тред).

Возникает необходимость в раскрытии слова «квалификация (лат. qualificatio < qualis какой, какого качества ... фикация < лат. facio делаю; часть слов, обозначающая делание, творение, устройство)». Если качество сделанного, сотворенного, устроенного выражу количественно по какой-либо числовой шкале, то получу измеренную величину рассматриваемого свойства или множества свойств данного предмета изучения. Формулу расчета трудовых единиц ($T_p = 0,8 + 0,2R$) в действующих в его время технологических операциях С.Г. Струмилин не приводит. В своих исследованиях он обобщает единичные процессы труда в профессиональных характеристиках через понятие разряд работы

R и тарифные коэффициенты. Снова обратимся к иностранным заимствованиям: тариф (франц. *tarif* < араб. «та’риф» определение) ставка, по которой взимается плата за труд или услуги; коэффициент (лат. со совместно + *efficiens* производящий) – постоянный множитель, обычно выражаемый цифрами, при другой, обычно переменной или неизвестной величине.

Приведенный ранее пример из области знания явлений электричества отражает множество свойств проявления качества в электрических сетях и обобщает их одним числом, свойственным конкретному состоянию переменного электрического тока, проходящего через какую-либо машину на рабочем месте слесаря, токаря и др. исполнителей трудовых процессов. Таких примеров взаимосвязей инженерно-физических (химических) величин с величинами трудовой производственной среды, обобщаемой тарификацией ставок, множество. Заслуга С.Г. Стурмилина состоит в том, что ему удалось в количественной формуле кратко выразить величиной «треды» такие взаимосвязи и приблизить возможность воссоединения трудовых величин с основными и дополнительными величинами международной системы единиц (SI). Об этом современное признание: «Одной из ветвей метрологии является **квалиметрия**, предмет которой – *количественная оценка качества продукции*. Российские предприятия и организации приступили к разработке и внедрению систем качества на основе пакета международных стандартов ИСО серии 9001. В этих стандартах метрология представлена важнейшим звеном, объединяющим методическую и техническую составляющие измерения». (Дегтярев А.А., Летягин В.А., Погалов А.И., Угольников С.В. Метрология. Учебное пособие для вузов. М.: Академический проект. 2006. С.3-4. 252 с.).

Вполне естественно возникает необходимость выделения в системе метрологии раздела «Квалиметрия труда» с изложением естественнонаучной сущности труда человека-трудящегося и единицы его измерения, принимая за основу методики выполнения измерений формулу академика С.Г. Стурмилина.

Применительно к исследованию показателей – трудоемкость, удельная трудоемкость, введенных стандартами ЕСТПП, уместно введение в научно-практический оборот термина трудовая единица (тред), соединяющая в себе параметры: сложности, тяжести, санитарно-гигиенических условий работы на конкретных (паспортизированных) рабочих местах. Фиксируемое в табелях учета пребывания трудящегося на рабочем месте измеряется в часах (метрологической единице времени). Следовательно, произведение единицы труда на продолжительность самого процесса труда позволяет выразить показателем тред×час (трудочас). Как видно, здесь проявляется достаточная идентичность (ср. лат. *identicus* тождественный, одинаковый) с метрологической величиной издержек энергии (тепловой, электрической) ватт×час (втч).

Суммирование фактических издержек в часах с учетом трудовой значимости по сложности, тяжести и санитарно-гигиеническим условиям на рабочем месте при выполнении каждой отдельно учитываемой технологической операции позволяет рассчитывать показатель **технологическая трудоемкость** производства детали (изделия, комплекта, комплекса и т.п.), количественно выражая в трудочасах. При этом необходимо придерживаться метрологического правила, а именно: суммируется продолжительность процессов труда в часах, содержание же в тредах не суммируется, а лишь рассчитывается средняя (средняя арифметическая, средняя взвешенная) величина по совокупности обобщаемых технологических операций, технологических процессов, рабочих мест, деталей, изделий и т.п. Здесь проявляется то же самое метрологическое правило расчетов суммы потребленной энергии в втч (ватт·час, киловатт·час, мегаватт·час).

При определении сущности показателя удельная трудоемкость аналогом является метрологическое правило удельного объема-удельного веса веществ.

Удельный объем – величина, равная отношению объема тела к его массе $v = \frac{V}{m}$,

м³/кг и удельный вес $\gamma = \frac{\sigma}{V}$, н/м³.

В стандартах ЕСТПП не приводятся подобные правилам метрологии формулы расчета удельной трудоемкости. Применение метрологических правил позволяет определять величину удельной трудоемкости путем отнесения издержек труда на технологических операциях к продукту, созданному этими издержками «живого труда», по формуле:

$$T_q = \frac{\sum_i^n T_{ред_i}}{Q_d}, \quad (10.4)$$

где T_q – удельная трудоемкость; $\sum_i^n T_{ред_i}$ – сумма издержек труда (трудочас) на изготовление детали по совокупности технологических операций; Q_d – квалиметрическая величина изготовленной (проектируемой) детали.

Положив в этой формуле $\Sigma T_{ред} = 1$ тред·час, $Q_d = 1$ квалиштука (n_q), получим

$$[T_q] = \frac{1 \text{ тредчас}}{1 n_q} = 1 \frac{\text{тредчас}}{n_q}.$$

Суммирование трудочасов по совокупности технологических операций по изготовлению одной детали, выраженной количественно ее квалиметрическим параметром Q_d , по правилам расчетов штучно-калькуляционного времени T_k

позволяет количественно выразить показатели относительных трудоемкостей заготовительных работ, относительную трудоемкость процесса изготовления по видам работ, относительную трудоемкость подготовки изделия к функционированию, относительную трудоемкость ремонтов детали. Перечисленные показатели и их количественные параметры исходят из сущности квалиметрического определения удельной трудоемкости, а именно: $\sum_i^n \text{Тред}_i = \text{Тред}_1 + \text{Тред}_2 + \text{Тред}_3 + \dots + \text{Тред}_n$. Трудочасы суммируются и, следовательно, $\text{Тред}_i / \sum_i^n \text{Тред}_i$ – есть относительная величина i -ой технологической операции по изготовлению и ремонту детали (изделия). Отмеченное положение применимо и к величине удельной квалиметрически исчисленной трудоемкости.

$$T_q = \frac{\sum_i^n \text{Тред}_i}{K_{od}} = \frac{\text{Тред}_1 + \text{Тред}_2 + \text{Тред}_3 + \dots + \text{Тред}_n}{K_{od}} = \frac{\text{Тред}_1}{K_{od}} + \frac{\text{Тред}_2}{K_{od}} + \frac{\text{Тред}_3}{K_{od}} + \dots + \frac{\text{Тред}_n}{K_{od}}.$$

Приведенная формула позволяет утверждать о возможности разработки практически приемлемой системы квалиметрического нормирования в конструкторско-технологическом проектировании.

Это явление заслуга С.Г. Струмилина (1919) и Г.Г. Азгальдова (1967), метрологически осмысливших политэкономическое понятие труд, данное К.Марксом (1859): «Для понимания того, каким образом меновая ценность определяется рабочим временем, надлежит твердо установить следующие главные пункты: приведение труда к простому, так сказать, лишенному качества труду, специфический способ, посредством которого труд, создающий ценность, то есть производящий товары, становится общественным трудом, наконец, различие между трудом, поскольку результатом его являются потребительные ценности, и трудом, как источником меновой стоимости». (Марксъ Карль. Къ критике Политической экономіи. Переводъ съ немецкаго П.П. Румянцева. Изд. «Шиповникъ». СПб. 1907. С.9).

В существующей практике организации труда и расчетов себестоимости производства изделий машиностроения показатель трудоемкости исчисляется исходя из нормированной продолжительности рабочего времени или из табельного учета пребывания работника на рабочем месте. Суммируется лишь продолжительность процесса труда, и затраты труда количественно учитываются в часах. Этой неполноценной величине официально присваивается имя «трудозатраты» и «трудоемкость».

Приведенное понятие трудоемкости позволяет количественно рассчитывать удельную трудоемкость по упрощенной формуле:

$$T_q = \frac{T}{K_o} \text{ чел.час/квалиштук}, \quad (10.5)$$

где T – технологическая трудоемкость, чел./час; K_o – общий квалиметрический показатель изделия, квалшт.

Величина удельной трудоёмкости T_q существенно изменяется от вида заготовок, используемых для изготовления деталей. При выделении отдельных типов заготовок, значения удельной трудоемкости деталей существенно различаются. Например, при изготовлении детали 71110 из заготовки-проката требуется 3,00 часа технологического времени. Если эту же деталь будем изготавливать из заготовки-трубы, трудоемкость будет 1,89 часа, из поковки и штамповки – 2,85 часа, при заготовке-отливке – 2,8 часа, изготовление из листового проката (гибка, свертка, сварка) потребуются 3,33 часа. Напомним, что указанные цифры имеют размерность нормо-часы/квалшт.

Создание нормативных значений удельной трудоемкости по выделенным группам технологических операций исходит из математической интерпретации формулы

$$T_q = \frac{T}{K_o} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{K_o} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{K_o} = \frac{T_1}{K_o} + \frac{T_2}{K_o} + \frac{T_3}{K_o} + \dots + \frac{T_n}{K_o};$$

и $\frac{T_1}{K_o} : \frac{T}{K_o} = \frac{T_1 \cdot K_o}{T \cdot K_o} = \frac{T_1}{T} \leq 1.$

Из преобразований следует, что величины удельных трудоемкостей выделенных групп технологических операций теряют свою размерность и отражают численной величиной свою долю в общей удельной трудоемкости изготовления детали (изделия).

10.5. Нормативы удельной трудоемкости

В реальном производстве факторы, определяющие параметры удельной трудоемкости, разновременны и не постоянны по величине воздействия и размерностям. Для решения задач проектирования требуются определенные постоянства как в параметрах, так и по времени действия, то есть должны быть созданы нормативы удельной трудоемкости с заранее оговоренными границами действия факторов. Здесь могут быть использованы методы подобия. Одним из таких обобщений подобия геометрических форм деталей являются классификационные коды деталей ЕСКД и ЕСТД, на базе которых возможно обобщение реального производства в виде нормативов удельной трудоемкости.

Классификация заготовок в технологическом проектировании позволяет по их видам с достаточным постоянством во времени обобщать удельные трудоемкости.

Трудоемкость производства деталей существенно различается по типам производства: опытно-экспериментальные, крупносерийные, массовые. Если за базовый тип принять опытно-экспериментальный, как производственное подразделение (обычно действующее при конструкторской организации), то она станет первоначальной базой для создания нормативов удельной трудоемкости.

Структура технологического (станочного, термического, сварочного, лакокрасочного, электрохимического, вспомогательного) оборудования, технологической оснастки, средств измерения и контроля для КБ с его производственными участками создают определенную технологическую последовательность с достаточным для обобщения постоянством технологической цепочки операций изготовления деталей методами резания металлов. Отмеченная стабильность позволяет создавать нормативы удельной трудоемкости с дольными коэффициентами по операциям.

10.5.1. Количество деталей в партии (лат. pars (partis) часть, участие, доля)

При проектировании производства возникает необходимость обобщения деталей по их технологическим параметрам для разных изделий (например, болты, гайки и т.п. стандартизованные) и фиксирования количества одних и тех же деталей в партию заказа для одновременного изготовления. Многолетняя производственная практика утверждает, что одновременное изготовление одной и той же детали снижает фактическое время ($t_{шт.кальк.}$). Такое же явление связано со стандартизацией и нормализацией деталей по параметрам геометрической формы, материалам, чистотой поверхности, точностью размеров и др.

В исследованиях по кибернетике (У.Р. Эшби) приведенное явление обобщается действием законов «необходимого разнообразия и накопления опыта». Применительно к организации и нормированию труда (экономике труда) закон разнообразия и накопления опыта (Пер Ю. Экономическая метрология. Ч II. Процесс труда – социальная молекула. С. 122-124) выражается коэффициентом

$$K_3 = e^{1-P}, \quad (10.6)$$

где K_3 – коэффициент накопления опыта; $1 - P$ – величина упорядоченности процесса труда, зависящая от величины первичной информации, поступающей в процессе труда; P – неопределенность данного процесса труда, $P = 0$ или $P < 1$.

Исследования действия закона накопления опыта в реальных производственных условиях выявили общую математическую функцию, выражающуюся формулой

$$C_n = C_1 \times N^{-k}, \quad (10.7)$$

где C_n – себестоимость n -го изделия, руб. (доллар); C_1 – расчетная (фактическая) себестоимость первого изделия, изготовленного и прошедшего контрольные испытания; N – порядковый номер изделия или детали с начала выпуска.

Авторы исследования утверждают: «Анализ многочисленных статистических данных показывает, что величина « k » в формуле варьирует в пределах от 0,05 до 0,3. Значения $k = 0,05 \div 0,1$ характерны для освоения производства простой продукции с помощью простой техники, а при освоении выпуска сложной продукции с помощью сложной техники k приближается к 0,3 ($k = 0,3$) и даже превышает это значение». (Организационные и экономические основы технической подготовки производства. /А.П. Ковалев, Н.К. Кочалос, А.А. Колобов. М.: Машиностроение. 1978. С.165-166).

В исследованиях американских специалистов действие закона накопления опыта применено для «определения затрат и цен на проектирование, испытание и производство планеров самолетов методом регрессивного анализа». Авторы выполненного исследования устанавливают общую закономерность: «зависимость между затратами и выпуском может быть представлена в виде эксплуатационного (линейного логарифмического) уравнения $C = ax^{-b}$, где x – количество выпущенных изделий. Это уравнение математически характеризует кривые затрат труда или среднюю трудоемкость изготовления одного изделия. В этом уравнении C – это затраты на изготовление x -го изделия или средние затраты на изготовление одного изделия в партии, состоящей из x изделий. Коэффициент a – затраты на изготовление первого изделия. Показатель b представляет собой тангенс угла наклона **кривой обучения** (подч. Ю.П.). Его величина определяет процент, на который снижается трудоемкость изготовления изделия при удваивании их выпуска». (Г.С. Левенсон и С.М. Барро – сотрудники «РЭНД корпорации». В книге «Цена и качество: (Некоторые вопросы ценообразования и практики установления цен в капиталистических странах)». /Пер. с англ./Под общ. ред. Ю.В. Яковца, д.э.н., Е.М. Пунина, к.э.н. М.: Прогресс. 1974. 355 с. С.128-129).

Для анализа производства планеров самолетов показатель «кривая обучения» $b = 0,168$ применительно к затратам материалов и $b = 0,415$ применительно к трудозатратам.

В Российской Федерации проводилось специальное исследование влияния «масштаба» производства (серийности, количества изделий в программе выпуска). Государственное руководство по машиностроению осуществляло Министерство станкоинструментальной промышленности СССР. На примере изучения параметров производства металлообрабатывающих станков была доказана объективность действия закона «необходимого разнообразия и накопления опыта» и отражения его в виде «кривой обучения».

Методика Е.Н. Грановского и П.В. Недорезова определения трудоемкости изготовления изделий в машиностроении

Согласно методике определения трудоемкости Е.Н. Грановского и П.В. Недорезова трудоемкостью одного готового изделия является сумма трудоемкостей по всем технологическим операциям, которая отражает затраты труда на единицу продукции (изделия) всеми участвующими в ее создании производственными рабочими. (Грановский Е.Н., Недорезов П.В. Методика определения трудоемкости изготовления изделий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1986. 96 с.).

При освоении нового изделия величина трудоемкости постепенно снижается, что связано с ростом количества выпускаемых изделий. Показатель трудоемкости, как правило, достаточно правильно характеризует достигнутый уровень производительности труда и его динамику, дает возможность более точно сравнивать производительность труда на разных предприятиях, изготавливающих аналогичную продукцию. Этот показатель дает возможность обоснованно определять, планировать трудоемкость вновь запускаемых в производство изделий.

Трудоемкость изделия наряду с прямыми затратами труда производственных рабочих должна отражать и затраты труда работников остальных категорий, и тогда полная трудоемкость представляет собой затраты времени всех категорий промышленно-производственного персонала на изготовление единицы продукции.

Составными частями полной трудоемкости являются:

- трудоемкость основных производственных процессов $T_{пр}$, то есть затраты труда рабочих, непосредственно участвующих в изготовлении продукции независимо от того, оплачиваются эти рабочие сдельно или повременно;
- трудоемкость обслуживающего производства $T_{об}$, то есть затраты времени вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием производства;
- трудоемкость управления производством T_y , то есть затраты времени всех групп и категорий промышленно-производственного персонала (ИТР, служащих, МОП, охрана, ученики).

Полная трудоемкость определяется по формуле

$$T_{п} = T_{пр} + T_{об} + T_y.$$

Для установления закономерности снижения трудоемкости изделий применяют графоаналитический метод обработки исходных данных. График зависимости трудоемкости изделия A от количества выпущенных изделий с начала производства (рисунок 10.2) наглядно показывает динамику снижения трудоемкости. Полученная кривая имеет вид гиперболы.

Для упрощения вывода формулы зависимостей графики рекомендуется строить в логарифмической сетке, притом для каждого изделия в отдельности.

У всех изделий сохраняется общая тенденция снижения трудоемкости в зависимости от количества выпущенных изделий с начала производства, причем это снижение происходит более или менее одинаковым темпом.

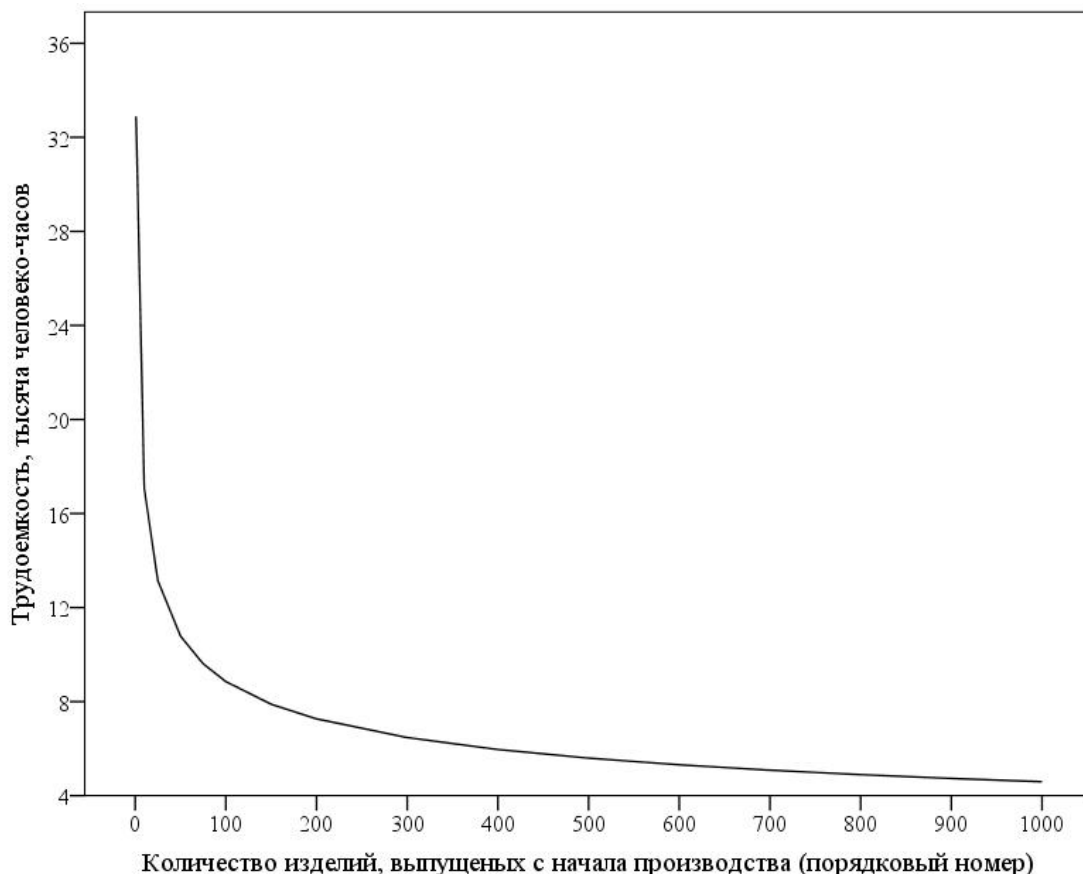


Рисунок 10.2 – График зависимости трудоемкости изделия А от количества изделий, выпущенных с начала производства

Различный уровень абсолютной трудоемкости изделий объясняется главным образом различными весовыми данными. Так, наибольшую абсолютную трудоемкость имеет изделие А с массой 2962 кг, а наименьшую – изделие В с массой 1000 кг. Чтобы исключить влияние на трудоемкость массы изделия, применяют метод расчета и построения кривых снижения трудоемкости по коэффициентам. Расчет производится методом, когда за единицу принимают трудоемкость освоенного изделия.

Коэффициенты трудоемкости подсчитывают делением абсолютной трудоемкости изделия данного порядкового номера с начала его производства на трудоемкость освоенного изделия.

На рисунке 10.3 представлена зависимость коэффициента трудоемкости $C_{\text{инд}}$ трех разных изделий А, Б и В от количества изделий выпущенных с начала производства.

Для определения нормативного коэффициента трудоемкости n -го изделия используется формула

$$C_n = K \cdot n^{-m}, \quad (10.8)$$

где C_n – коэффициент трудоемкости n -го изделия; K – постоянная величина, равная отрезку ординаты, отсекаемому линией, и выражающая коэффициент трудоемкости 1-го изделия по отношению к освоенному; n – количество изделий, выпущенных с начала производства; m – показатель степени равный тангенсу угла наклона линии.

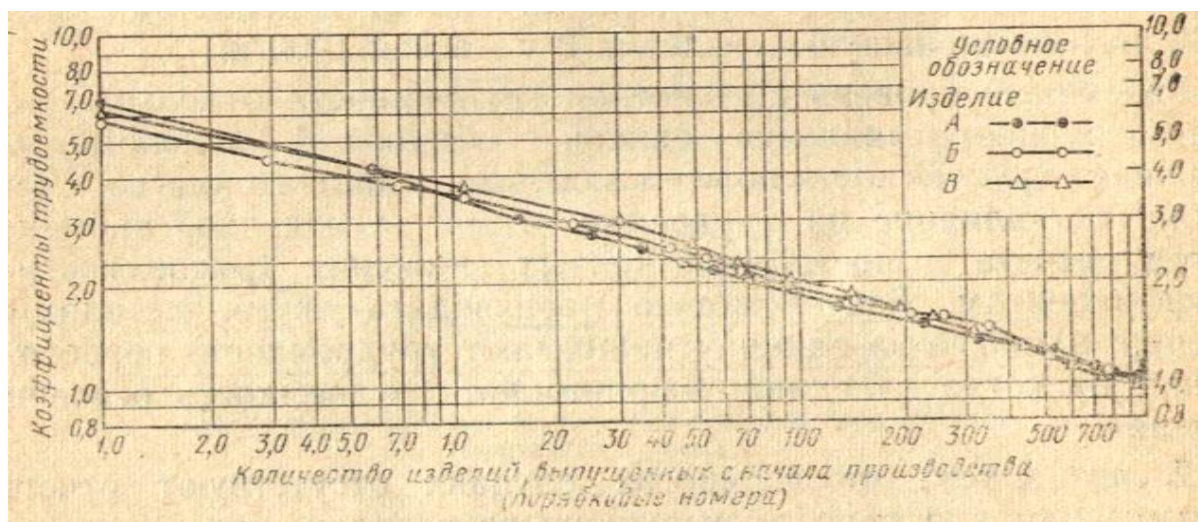


Рисунок 10.3 – График зависимости коэффициентов трудоемкости $C_{\text{инд}}$ изделия, А, Б, В от количества изделий, выпущенных с начала производства

Формула для определения трудоемкости изделия любого порядкового номера с начала производства и для любой массы изделия данного класса

$$T_{n \text{ инд}} = P \times t_{\text{уд } 1000} \times C_n, \quad (10.9)$$

где $T_{n \text{ инд}}$ – трудоемкости изделия данного порядкового номера (с начала производства) в человеко-часах; $t_{\text{уд } 1000}$ – удельная трудоемкость 1000-го изделия для той же массы; P – масса изделия; C_n – коэффициент изделия того же порядкового номера с начала производства.

Так же может использоваться формула

$$T_{n \text{ инд}} = K_{11} \frac{P^{m_{11}}}{n^m}.$$

Представленные формулы определения $T_{n \text{ инд}}$ позволяют составить нормативную таблицу для более быстрого расчета трудоемкости в зависимости от массы и количества изделий, выпущенных с начала производства.

Изучение более 10 тысяч деталей, принадлежащих к изделиям редукторного производства, спортивно-охотничьего оружия, станкостроительным КБ,

приспособлениям и прессформам позволили специальной исследовательской группе (5ГУ МОП-УдГУ-НИТИ «Прогресс») обобщить «кривые обучения» и предложить формулу для расчета удельной трудоемкости деталей машин с учетом коэффициента накопления опыта:

$$T_{qn} = T_{qo} \times K_n, \quad (10.10)$$

где T_{qn} – удельная технологическая трудоемкость, нормочас/квашт.; n – количество деталей в партии; T_{qo} – удельная технологическая трудоемкость первой (опытной) детали, нормочас/квашт.; K_n – поправочный коэффициент на число деталей в партии.

Поправочные коэффициенты K_n должны указываться исходя из фактических значений изменения технологической трудоемкости. В исследованиях и проектировании производства изделий машиностроения в достаточной степени (12-15%) достоверности позволяют применять $K_n = n^{-0,155}$ (таблица 10.6).

Таблица 10.6 – Коэффициенты накопления опыта (снижения удельной технологической трудоемкости)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...	100	...	1000
K_n	1	0,89	0,84	0,81	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67		0,49		0,34

10.5.2. Особенности построения нормативных таблиц удельной трудоемкости

Особенность проявляется в том, что нормативные таблицы приведены к условиям опытно-экспериментального изготовления детали (условно говоря, к первенцу конструкторско-технологического продукта, овеществленного в металле).

Итогом исследования 10 тысяч деталей является обобщенное предприятие «виртуальное (лат. *virtualis* возможное) предприятие», в котором условно существует опытно-экспериментальное производственное подразделение, изготавливающее опытные партии изделий. На каждое анализируемое изделие составляется комплект «Технико-экономических карт» по отдельным деталям и сборочным единицам. Обобщение по факторам производственных условий выполнено в соответствии с кодами классификатора ЕСКД с добавлением к кодам ЕСКД цифры:

- 1) для кодов 712500, 713500, 714500
 - цифра 1, если деталь с односторонними уступами;
 - цифра 2, если деталь с двусторонними уступами;
- 2) для кодов 715600, 715700, 716500, 716700
 - цифра 0, если деталь гладкая;
 - цифра 1 если деталь с односторонними уступами;
 - цифра 2 если деталь с двусторонними уступами;

3) для кодов 721100, 721200, 721300, 721400, 721500, 721600, 722300, 723400, 725100, 725200, 751110, 751170, 751910, 751194, 751210, 751220, 751251, 751271, 751300, 751400, 751610, 751620, 751630, 751740, 751890, 753100 проставляется:

- буква Л, если длина детали больше 2Д;
- буква Д, если длина детали равна или меньше 2Д;

4) для кодов 725300, 732100, 731200, 731300, 731400, 732100, 732200, 732300, 733550, 733570, 733400, 734400, 734510, 734540, 734660, 735200 проставляется:

- цифра 9, если механически обрабатывается 90% и больше всех размеров;
- цифра 8, если механически обрабатывается 80% всех размеров;
- цифра 7, если механически обрабатывается 70% всех размеров;
- цифра 6, если механически обрабатывается 60% всех размеров;
- цифра 5, если механически обрабатывается 50% всех размеров;
- цифра 4, если механически обрабатывается 40% всех размеров;
- цифра 3, если механически обрабатывается 30% всех размеров;
- цифра 2, если механически обрабатывается 20% и меньше всех размеров;

5) для кодов 735300, 735400, 735500, 735600, 745600 проставляется

- цифра 1, если деталь без элементов вытяжки;
- цифра 2, если деталь с элементами вытяжки.

10.5.3. Нормативы типов серийности производства

Следующей существенной особенностью является структура технологического потока изучаемого предприятия, которая подразделяется на: опытно-экспериментальные цехи (участки), для которых удельная трудоемкость наибольшая; цехи с единичным типом производства, специализирующихся на определенной номенклатуре изделия; цехи с серийным типом производства, специализирующихся на определенной номенклатуре изделий. Специалисты технологических подразделений, рассматривая реализацию конструкторского проекта, расцеховку (распределение изготовления деталей по цехам-участкам) деталей планируют по технологическому подобию с учетом (было отмечено в предыдущих параграфах) технологической преемственности. Эта особенность проявляется при анализе трудоемкости через расчетные удельные трудоемкости.

Обобщение подетального анализа массива данных показало различие удельной трудоемкости в соотношении:

I. Опытно-экспериментальные участки с универсальным не специализированным характером – 1,00;

II. Единичный тип производства, специализирующийся на определенной номенклатуре изделий – $0,3 \div 0,2$;

III. Мелкосерийный тип производства, специализирующийся на определенной номенклатуре изделий – $0,2 \div 0,15$.

Изложенная особенность отразилась при подготовке нормативов удельной трудоемкости изготовления деталей.

10.5.4. Табличные формы нормативов удельной трудоемкости

В результате обобщения квалиметрического анализа подетальных параметров массива конструкторско-технологической информации (повторим, более 10 тысяч деталей) стало возможным представить нормативы в виде удобной для использования на практике в табличной форме (таблица 10.7).

Таблица 10.7 – Нормативы удельной трудоемкости изготовления деталей в условиях экспериментального производства «Виртуальное» предприятие ABC «Редуктор» (фрагмент нормативов)

Код по классификатору ЕСКД	Удельная трудоемкость, нормо-часы на 1 квашт. При изготовлении из				
	проката	трубы	поковки штамповки	отливки	листового проката
711110	3,00	1,89	2,85	2,80	3,33 I
711210	0,86	0,54	0,78	0,72	0,96 II
713110	0,40	0,25	0,37	0,34	0,45 III
713210					
711120					
711220					
713120	4,00	2,50	3,50	3,40	4,44
713220	1,14	0,71	1,04	0,76	1,27
...	0,54	0,33	0,49	0,36	0,60
...					
711190					
711290					
713190					
713290					
711310	3,60	2,25	2,90	2,80	–
711510	1,03	0,64	0,94	0,85	–
713310	0,48	0,30	0,44	0,40	–
713510-I					

Примечание: I. Значения удельной трудоемкости для опытно-экспериментальных цехов, имеющих универсальный не специализированный характер.

II. Значения удельной трудоемкости для цехов с единичным типом производства, специализирующихся на определенной номенклатуре изделий.

III. Значения удельной трудоемкости для цехов с серийным типом производства, специализирующихся на определенной номенклатуре изделий.

Нормативы удельной трудоемкости рассчитаны из предположения о том, что заготовка (прокат, поковка и т.п.) подвергается технологической обработке на всех операциях, включенных в общую совокупность анализа трудоемкости. В реализуемой технологии изготовления конкретной детали используется не вся

их совокупность, включенная в нормативы удельной трудоемкости. Следовательно, необходим поправочный коэффициент на фактически реализуемую цепочку технологических операций для проектируемой детали. Изложенная особенность при квалиметрическом анализе деталей (повторим – более 10 тысяч) отразилась в виде коэффициентов удельных затрат технологического времени на изготовление деталей. Цифровые значения коэффициентов выявили совокупную общность в соответствии с кодами по классификатору ЕСКД. Выявленная общность позволила сформировать комплект «Нормативные коэффициенты, отражающие значение технологических операций в удельной трудоемкости (таблица 10.8).

10.6. Расчет технологической трудоемкости изготовления детали

В соответствии с ранее изложенными правилами нормативных величин можно обобщить метод расчета трудоемкости изготовления детали формулой

$$T = \left(K_o \cdot T_q \cdot \sum_{i=1}^m P_i + \sum_{j=1}^l \Delta T_j \right) \cdot K_n, \quad (10.11)$$

где T – технологическая трудоемкость изготовления детали, чел. час; K_o – общий квалиметрический показатель детали, квашт. (квакг); T_q – нормативная удельная трудоемкость, чел. час/квашт. (квакг); P_i – нормативный коэффициент соотношения трудоемкости по видам и типам выполняемых технологических операций; $i = 1 \div m$ – количество выполняемых технологических типов операций; ΔT – трудоемкость технологических операций, вводимых дополнительно по сравнению с типами операций, включенными в состав нормативных коэффициентов, чел. час/квашт.; $j = 1 \div l$ – количество технологических операций, вводимых дополнительно к типам операций; K_n – поправочный коэффициент на число деталей в партии заказа (производства).

Следует особо отметить возможности применения приведенной формулы:

- 1) по приведенной формуле трудоемкость рассчитывается для условий опытно-экспериментального производства;
- 2) нормативы удельной трудоемкости (T_q) применимы только для конкретного (в данном случае АВС «Редуктор») предприятия;
- 3) для применения в других случаях (производствах) необходимо разрабатывать «свои» таблицы (T_q) нормативов удельной трудоемкости;
- 4) трудоемкость (ΔT) технологических операций, вводимых дополнительно, рассчитывается по действующим правилам технологии и методам расчетов штучно-калькуляционного времени ($t_{шт.кал.}$);
- 5) технологическая трудоемкость является основой для определения общей производственной трудоемкости.

Таблица 10.8 – Нормативные коэффициенты, отражающие значение технологических операций в удельной трудоемкости (P_i)
«Виртуальное предприятие ABC «Редуктор» (фрагмент нормативов)

Коды по классификатору ЕСКД	Укрупненные типы операций												
	от-резная	токар-ная	фре-зерная	свер-лиль-ная	рас-точ-ная	шлифо-вальная	зубооб-работы-вающая	строгаль-ная (дол-бежная)	про-тяж-ная	отде-лоч-ная	сле-сарная	штам-повоч-ная	сва-рочная
711100-711500	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08		0,03	0,003	0,01	0,12	—	—
...
...
721100-721600	0,02	0,32	0,04	0,01	—	0,11	0,39	0,01	0,03	0,01	0,08	—	—
...
...
753730-753780	0,10	0,01	0,02	—	0,01	0,01	—	—	—	0,002	0,65	0,17	0,02

Примечание: в полном виде значения нормативных коэффициентов даны в Приложении 7.

Расчет технологической трудоемкости детали

Пример 1. Деталь 7800ИТ.50.208 – ось.

Заготовка – прокат.

Код детали – 712111.

Общий квалиметрический показатель – $K = 0,587$ квашт.

Деталь изготавливается в опытно-экспериментальном цехе, который имеет универсальный не специализированный характер.

Выполняемые технологические операции:

- токарная;
- шлифовальная;
- слесарная;
- моечная.

Из таблицы 1 (Приложение 7) настоящей отраслевой расчетной методики (ОРМ) выбираем нормативную удельную трудоемкость $T_q = 3,00$ нормо-часа.

Из таблицы 2 (Приложение 7) настоящей отраслевой расчетной методики ОРМ выбираем нормативные коэффициенты соотношения трудоемкости по видам технологических операций:

токарная $P_{\text{ток}} = 0,45$;

шлифовальная $P_{\text{тшл}} = 0,08$;

слесарная $P_{\text{сл}} = 0,12$;

$\Sigma P_i = 0,65$.

Дополнительной технологической операцией по сравнению с предусмотренными технологическими операциями в нормативных таблицах (таблица 2 Приложения 7) является моечная.

Трудоемкость моечной операции равна $\Delta T = 0,14$ мин. = 0,002 часа. (Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. М.: Машиностроение. 1984. С.208).

10.7. Стандартизация показателей качества в производстве деталей

В системе государственного управления социально-экономическим развитием в советский период возникла настоятельная необходимость упорядочения разнообразных мнений и толкований понятия «качество» и, в особенности, терминологии в области управления качеством промышленной продукции. В государственной системе того периода в научно-технической среде управления была очень высока тенденция долгосрочного целеполагания, прогнозирования, планирования и целевого программирования отдельных инновационных направлений. Государственная власть приняла большой важности документ: «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на

повышение эффективности производства и качества работы» (Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г.).

В постановлении государственной власти (п.9) предусматривалось «вне-сти в 1979-1980 гг. необходимые изменения в систему натуральных измерителей производимой продукции (по металлургии, машиностроению и другим отраслям промышленности) на основе широкого применения научно обоснованных технико-экономических показателей, позволяющих учитывать эффективность, качество и другие **потребительские свойства продукции** (подч. – Ю.П.). Осуществить в тот же срок переход к планированию производства оборудования по расширенной номенклатуре в единицах измерения, полнее отражающих его производительность и другие экономические свойства. Показатели в тоннах применять в необходимых случаях только как расчетные». (До этого, да и сейчас еще объем выпуска литья, поковок, в тяжелом машиностроении, например, прокатного оборудования, шахтных комплексов планировали в тоннах (прим. – Ю.П.).

Требования государственного постановления создали определенную среду специалистов, заинтересованных в широком развитии единства научно-технической терминологии, и одним из сопутствующих документов стал ГОСТ 15467-79 (2009) «Межгосударственный стандарт. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения». Издание официальное.

Российская Федерация приняла на себя права наследника СССР, сущность требований стандарта отвечает реалиям современной жизни, поэтому ГОСТ 15467-79 признан действующим в Российской Федерации. С этой целью он актуализирован в 2009 г. ГОСТ стандартизирует 70 понятий, терминов и их определений, разделенных на 5 разделов: 1. Общие понятия; 2. Показатели качества продукции; 3. Методы определения качества продукции; 4. Оценка качества продукции; 5. Управление качеством продукции.

Особо отмечается государственная важность и излагается правовая форма стандарта, даются предупреждения об ответственности. Приведем основные требования.

1. Стандарт устанавливает, что термины и определения основных понятий в области управления качеством продукции предназначены для их применения в науке и технике.

2. Термины, установленные стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. В остальных случаях применение этих терминов рекомендуется.

3. Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин.

4. Применение терминов-синонимов стандартизованного термина запрещается.

5. Установленные определения разрешается при необходимости изменять по форме изложения, не нарушая границ понятий.

6. Допускается применение отраслевых терминов, не установленных настоящим стандартом, отражающих специфические особенности продукции отрасли.

К числу общих (основных) понятий стандарт относит следующие:

– изделие – продукт производства, предназначенный для реализации (в основном производстве) или для собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве). Изделия подразделяются на неспецифицированные (детали), не имеющие составных частей, и специфицированные (сборочные единицы), состоящие из двух и более частей;

– свойство продукции: объективная особенность продукции, которая может проявляться при ее создании, эксплуатации или потреблении;

– качество продукции: совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением;

– показатель качества продукции: количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления;

– признак продукции: качественная или количественная характеристика любых свойств или состояний продукции;

– параметр продукции: признак продукции, количественно характеризующий любые ее свойства или состояние.

Рассмотрим пример. Болт М6 – 8g x 20.66.029. ГОСТ 7798-70 (рисунок 10.4).

Изображенный в виде чертежного рисунка «Болт» – это не реально ощущаемый болт, а лишь информационная модель будущего «болта» в соответствии с информационным документом ГОСТ 15467-79 (2009), называемым:

1. Изделие – продукт производства ООО «Гвоздь», предназначенный для реализации на свободном рынке, то есть через сеть розничных торговцев, именуемых ЧП, ООО, ОАО, ЗАО и т.п. Изделие «Болт» не специфицированное, относится к классу «Детали», не имеет составных частей.

2. Свойство – объективно проявляется при рассмотрении, ощупывании и сопоставлении как круглая, ступенчатая с головкой металлическая деталь, твердая, синевато-черная поверхность, один конец с зазубринами.

3. Признаки – головка есть, на ней шестигранник, на теле резьба, имеются фаски.

4. Показатели качества (признаки): сталь углеродистая, качественная.

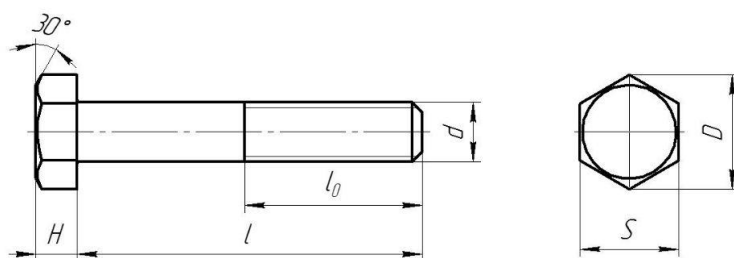


Рисунок 10.4 – Чертеж болта М6 – 8g x 20.66.029

d	ГОСТ 7798-70 (2009)			l	l_o
	S	H	D		
6	11	5,0	13,6	48	22
8	13	5,5	14,2	52	22
...

Свойства физические:

Показатель свойства качества	Признак	Параметры
Плотность	γ , г/см ³	7,814
Теплопроводность	λ , Вт/м·с	60
Коэффициент линейного расширения	α , 10 ⁶ /с	11,649
Отожженная сталь, твердость по Биннелю	HB	197
Содержание углерода в Fe ₃ C	Ст45	0,45

Свойства механические

Показатель свойства качества	Признак	Параметры
Предел текучести	σ_t , МПа	353
Временное сопротивление разрыву	σ_b , МПа	598
Относительное удлинение	σ_s , %	16
Ударная вязкость	a_n , кДж/м ²	490

Качество изделия «болт» предполагается определять в соответствии с ГОСТ: Раздел 3. Методы определения показателей качества, например, по термину: 25. Измерительный метод определения показателей качества продукции. Его определение: Метод определения значений показателей качества продукции, осуществляемый на основе технических средств измерений.

Изготовитель «болта» ООО «Гвоздь» в соответствии с требованиями стандартов в ходе производства по установленному технологическому процессу обязан исполнить все требования контрольных измерительных процедур и объявить свое гарантийное обязательство, например, «сорт первый». Это означает терминологически по ГОСТ 15647-79 (2009): «51. Сорт продукции. Градация продукции определенного вида по одному или нескольким показателям качества, установленная нормативной документацией». В данном случае: Болт

М6 – 8g x 20.66.029 ГОСТ 7798-70 (2009) произведен для неопределенного индивидуального пользователя, приобретающего изделие в рыночной розничной продаже и может лично использовать пункт 51 и пункт 25, по которым проверит все параметры, либо обратится в соответствующие компетентные органы Рособнадзора для предъявления претензий.

Иное состояние возникает, если болт изготавливается как деталь, входящая в специфицированное изделие, например, в цилиндрический одноступенчатый редуктор. Здесь для болта понятие и термин «51. Сорт продукции» будет неприемлемым. Необходимо обратиться к термину «37. Годная продукция. Продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям». Стандарт дает расширенное толкование, разъясняя что:

- годная продукция не содержит дефектов, препятствующих ее приемке, но, как правило, имеет допускаемые отклонения показателей качества или параметров;

- выявление скрытых дефектов на последующих этапах контроля или стадиях эксплуатации продукции означает, что данная продукция (ее единица), ошибочно считавшаяся до этого годной, фактически является дефектной;

- понятие «годная продукция» следует отличать от более узкого понятия «работоспособная продукция», применимого к такой продукции, которая при ее использовании по назначению расходует свой технический ресурс. Такая продукция, будучи годной, является не только работоспособной, но и исправной, так как она удовлетворяет всем требованиям нормативной документации. Однако работоспособная продукция не всегда является годной, поскольку она может иметь дефекты, не оказывающие существенного влияния на функционирование продукции, но исключающие возможность поставки ее потребителю.

В общеэкономическом смысле необходимо количественно представить результат функционирования конечного основного рабочего места – выпуск годного для потребления продукта и его характеристики как стоимости, то есть как «отношение издержек производства к полезности». Здесь необходимо еще раз использовать категорию полезность (utility) как понятие для характеристики результатов, эффективности экономических решений.

Этому термину придаются различные значения. Можно принять для инженерно-квалиметрического анализа определение, данное в экономико-математическом словаре: «В экономике широко распространены теории, которые строятся на базе понятия субъективной полезности, то есть оценки тех или иных благ и ресурсов с точки зрения отдельного потребителя или производителя. Здесь полезность выступает как синоним таких понятий как благополучие, удовлетворение (в частности, в теории экономики благосостояния фактически используется понятие общественной полезности – как агрегата субъективных полезностей индивидуумов). В марксистской политической экономии

также принята категория общественной полезности: под ней понимается объективный результат производственной деятельности». (Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. М.: Дело. 2003. 519 с. С.267).

В рассматриваемом случае мы имеем дело с фактически действующим в производстве рабочим местом, результат труда на котором исчисляется в штуках, кг, метрах и т.п. фиксированных измерительных единицах, например, в штуках машиностроительных деталей, которые фиксируются контролером как прошедшие в обработке на технологических операциях машиностроительного предприятия. Что можно взять за критерий полезности? Обратимся к стандарту ГОСТ 15467-79 (2009). С показателем полезности связывают параметры изделия, определяемые показателями:

37. Годная продукция. Продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям.

38. Дефект. Каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

40. Дефектное изделие. Изделие, имеющее хотя бы один дефект.

41. Явный дефект. Дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

42. Скрытый дефект. Дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

43. Критический дефект. Дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо.

44. Значительный дефект. Дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим.

45. Малозначительный дефект. Дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.

46. Устранимый дефект. Дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно.

47. Неустранимый дефект. Дефект, устранение которого технически невозможно и экономически нецелесообразно.

48. Брак. Продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов.

49. Исправимый дефект. Брак, все дефекты в котором, обусловившие забракование продукции, являются устранимыми.

50. Неисправимый дефект. Брак, в котором хотя бы один из дефектов, обусловивших забракование продукции, являются неустранимым.

Отметим: дефект (лат. defectus) – изъян, недостаток, недочет.

Для количественной характеристики полезности продукции применительно к деталям машин можно воспользоваться шкалой обобщенной функции желательности качества:

$$D = \sqrt[N]{d_1, d_2, d_3, \dots, d_N}, \quad (10.12)$$

где d_N – частные функции желательности качества отдельных свойств, определяемые по шкале $d_N = 0 \div 1$; D – обобщенная функция желательности комплекса свойств, определяемая как среднегеометрическая функция частных функций желательности.

Применительно к оценке результатов труда на рабочем месте машиностроительного производства деталей машин можно выбрать шкалу желательности в соответствии с требованиями ГОСТ 15467-79 (2009):

годная продукция – $D_r = 1$,

забракованная продукция – $D_6 = 0$.

Для определения промежуточных значений полезности изделия должны быть построены специальные количественные шкалы дефектов применительно к каждому контролируемому свойству, входящему в состав совокупности свойств, определяющих качество продукции. Одна из таких шкал имеет следующие градации:

Таблица 10.9 – Шкала дефектов

Контрольное название	Количественное выражение
Дефекта нет	1,00
Малозначительный дефект	0,8÷0,63
Значительный дефект	0,63÷0,37
Устранимый дефект	0,37÷0,20
Критический дефект, скрытый дефект	0,20÷0,12
Неустраняемый дефект	0

Рассмотрим пример. Деталь – упор 1И611.66.109 (рисунок 10.5) изготавливается на рабочем месте токарем-универсалом, имеющем в своем распоряжении универсальный токарно-винторезный станок, необходимую технологическую оснастку для изготовления детали и измерения всех требуемых для сдачи контролеру параметров.

Контролер проверяет все параметры, имея в своем распоряжении чертежи детали, реально изготовленную единицу (1 шт.) – деталь, полный комплект контрольно-измерительных устройств и юридическое право на контрольные действия в соответствии с юридически-правовым документом «Шкала определения качества деталей», в которой есть следующие разделы:

- I. Размерно-геометрические параметры.
- II. Материально-вещественные параметры.
- III. Эксплуатационные параметры.
- IV. Ремонтные параметры.
- V. Эстетические параметры.

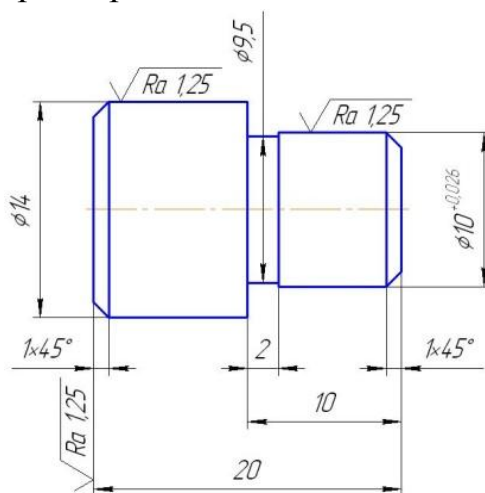


Рисунок 10.5 – Чертеж упора 1И611.66.109

Результат контрольных измерений представляется в установленной форме на бумажном носителе или в интерактивной компьютерной среде. Допустим, имеем следующие результаты контрольных измерений:

I. Размерно-геометрические параметры

Размерные параметры	20	10	2	Ø14	Ø10	Ø9,5	1/45° 2 фаски
Квалиметрические параметры	1,0	1,0	1,0	1,0	0,12	0,80	0,80

Функция желательности размерно-геометрических параметров

$$D_u = \sqrt[7]{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,12 \cdot 0,80 \cdot 0,80} = 0,425.$$

II. Материально-вещественные параметры

Марка материалов	Ст.50 ГОСТ 1050-74
Марка контроля	Ст.45 ГОСТ 1050-74
Квалиметрический параметр	0,8

$D_m = 0,8$ – малозначительный дефект.

III. Эксплуатационный параметр

Требование: покрытие для тропиков К_д9Х_р.

Исполнено: покрытие для тропиков $K_{д9}$. $D_{э1} = 0,8$ – **малозначительный дефект**.

Требование: закалить HRC 45-50.

Исполнено: покрытие для тропиков выполнено без закалки. $D_{э2} = 0,12$ – **критический дефект**.

IV. Ремонтный параметр

Требование: срок службы (долговечность) не менее 10000 часов.

Исполнено: из-за отсутствия закалки поверхности детали долговечность сократилась на 50%. $D_p = 0,2$ – **скрытый дефект**.

V. Эстетические параметры

Требование: шероховатость (чистота) поверхностей не указанных особо R_z40 (V).

Исполнено: Ø9,5 поверхность R_z 80. $D_k = 0,37$ – **устранимый дефект**.

Общий показатель функции желательности (полезности), изготовленной на рабочем месте детали (изделия) определится по формуле:

$$D_{пр} = \sqrt[6]{D_u \cdot D_m \cdot D_{э1} \cdot D_{э2} \cdot D_p \cdot D_k} = \sqrt[6]{0,425 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,12 \cdot 0,20 \cdot 0,37} = 0,366.$$

Количественное значение контрольного измерения детали, выраженного обобщенной функцией желательности, в рассмотренном случае $D_{пр} = 0,366$, означает: деталь по комплексу контрольных параметров может быть признана «деталью со значительными, но устраняемыми дефектами». Такое определение является критерием результата трудовых процессов комбинированного рабочего места, следовательно, она характеризует не только основного исполнителя (конечно, прежде всего, рабочий-исполнитель является представителем комплекса), но и мастера, технолога, энергетика, механика, термиста, кладовщика.

Квалиметрический параметр полезности комплексного рабочего места по одной детали будет влиять и на общий результат по всей номенклатуре и ассортименту деталей, изготавливаемых на этом рабочем месте. В практике системы управления комплексом рабочего места и их совокупностями в производственном подразделении предусматривается обеспечение обобщенной функции желательности равной 1,00. Вместе с тем, проектная документация и нормативно-контрольные условия по каждому параметру должны указывать допустимые отклонения, позволяющие не выходить за пределы проектной бездефектности, то есть $D_{пр} = 1,00$.

Отмеченное примечание является установившимся естественным приемом во всех физико-химических и инженерно-технических измерительных процедурах, оформленных в различные стандарты и технические регламенты. В прикладной квалиметрии продукции, хотя и существуют различного рода публикации, в ГОСТ 15467-79 (2009) количественные методы расчета функции желательности (полезности) продукции не нормализованы и математиче-

ски-процедурно не описаны. Между тем, приведенный здесь метод расчета функций желательности на основе применения математической величины «средней геометрической» может стать одним из фундаментальных принципов теоретической и прикладной квалиметрии, если он как официальный метод получит стандартизированный статус.

В связи с высказанным, рассмотрим приведенный пример детали с двух позиций: среднегеометрической и среднеарифметической. Допустим, контрольная цифра размера на детали $\varnothing 10^{+0,026}$ после ее измерения соответствующим прибором оказалось $\varnothing 10^{-0,001}$. Естественно, контролер отметит: «неустраняемый дефект», следовательно, $D_u = 0$. Подставляя такое количественное значение функции желательности одного из размерных параметров в общую расчетную формулу $D_u = \sqrt[7]{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,00 \cdot 0,80 \cdot 0,80} = 0$.

Рассчитаем функцию желательности (полезности) размерных характеристик по формуле среднеарифметической величины:

$$D_u = \frac{1,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 0,0 + 0,8 + 0,8}{7} = 0,8.$$

Из результата видно, что брак по вине изготовителя-рабочего, не сумевшего обеспечить точность токарной (шлифовальной) операции диаметра $\varnothing 10^{+0,026}$ в пределах поля допуска (+0,026), представил контролеру деталь, размер которой по диаметру 10 мм оказался с минусом 0,001, то есть на один микронметр ниже номинального требования. По среднегеометрической величине такая, казалось бы, мелочь подняла функциональную опасность для всего комплексного рабочего места. По среднеарифметической оценке все спокойно, кругом благодать: квалиметрический параметр 0,8 – незначительный дефект, вместо забракованной (негодной) детали.

Пример убедителен, прежде всего, в методологическом аспекте для развития теоретической квалиметрии и прикладной квалиметрии в подтверждении ее достоверности и точности для практики управления социально-экономическими процессами.

Можно добавить к этому выводу рассуждения по продолжению примера с деталью. Если один единственный параметр получит квалиметрический «нуль», то он обнуливает функцию желательности всей детали, затем сборочной единицы, узла, агрегата, превращает в «нуль» желательность автомобиля, трактора, здания, сооружения, космического аппарата и даже самого человека, допустившего «промах» в самой что ни на есть невидимой мелочи.

Глава 11. Процесс труда – квалиметрическая единица экономики

Примем за основу, что теория – это логическое обобщение опыта, общественной практики. Фундаментальный – это основной, следовательно, фундаментальные теории в русском понимании соответствуют выражению: основное обобщение общественной практики. Но здесь примешивается древнегреческое слово *πρακτικός* – деятельный, дельный. Если учесть такое значение практики, то мы имеем: **основное обобщение общественной деятельности**. Можно ли обойтись здесь без понятия труд? Думается, что нет.

Категория труда и его значение составляют фундамент экономических теорий, подразделяемых на две существенно различные ветви: технологические теории и институциональные теории.

11.1. Единичный процесс труда

Конкретные формы процессов труда имеют и конкретные структурные схемы. Рассмотрим простейший процесс работы землекопа. Его трудовой процесс может быть представлен следующей структурной схемой (рисунок 11.1).

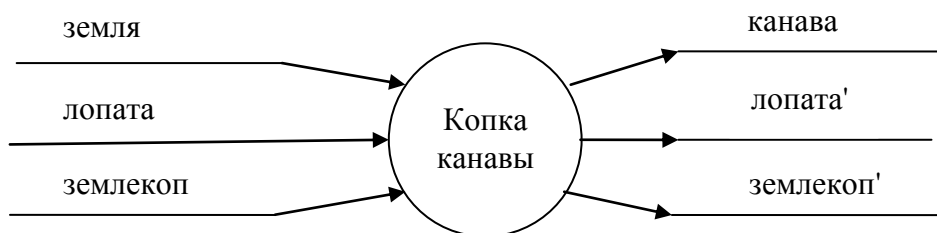


Рисунок 11.1 – Структурная схема процесса труда землекопа

А вот другой, примыкающий к предыдущему, конкретный процесс работы по заточке лезвия лопаты (рисунок 11.2).

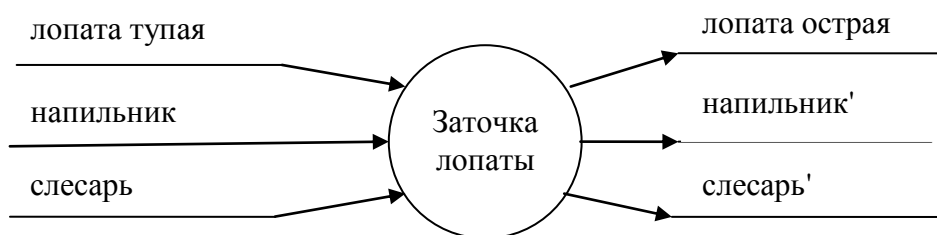


Рисунок 11.2 – Структурная схема процесса труда слесаря по заточке лопаты

В первой и второй схемах землекоп и слесарь являются активными действующими факторами, лопата и напильник – пассивными проводниками целесообразного действия субъекта труда, земля и лопата – пассивными противодействующими факторами. Процессы копки канавы и заточки лопаты, как взаимодействие активных и пассивных факторов, составляют собственно сам трудовой процесс. Канавка и заточенная лопата выступают теперь как собственный продукт данного процесса труда. Они есть результат целесообразного действия субъекта труда. Однако результатом этих процессов труда являются не только канавка и острая лопата. В первом случае в результате копки канавы затупилась лопата, во втором случае затупился напильник.

Принципиально иное положение с субъектами труда: землекопом и слесарем. Субъект труда, обладающий физической силой и интеллектуальной способностью, из процесса труда выходит, с одной стороны, с затратами физической силы, с другой – обогатившим себя опытом работы.

Всякий единичный процесс труда как элементарная часть совокупного общественного труда может быть представлен в абстрактной форме следующей схемой (рисунок 11.3).

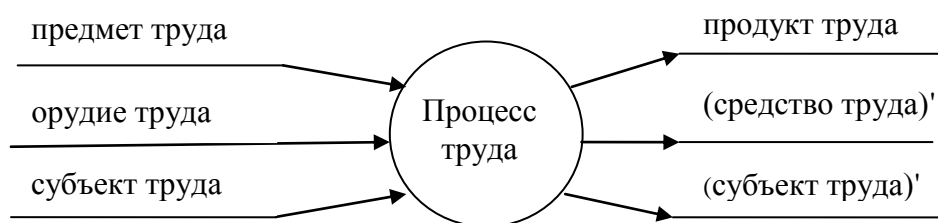


Рисунок 11.3 – Структурная схема единичного простого процесса труда

При изучении процессов труда в современном виде выявляются новые факторы, которые нельзя отнести полностью ни к предмету труда, ни к средствам труда, ни к субъекту. В процессе копки канавы лопатой предполагалось, что цель задает сам землекоп, носителем энергии (источником энергии) также является землекоп – субъект труда. В процессе заточки затупившейся лопаты цель и программа действия вырабатываются слесарем-заточником, ранее бывшим в роли землекопа, носителем энергии (источником энергии) является также сам слесарь-заточник.

В процессе же обточки вала-шестерни на токарном станке имеется графическое изложение цели – чертеж детали – информационная модель будущего продукта труда токаря; программа его трудовых действий – технологический процесс токарной обработки. В этом процессе появился дополнительный источник силы – электроэнергия, преобразовываемая электродвигателем токарного станка в механическую силу.

Чертеж становится информационной моделью продукта труда, технологический процесс – информационной моделью процесса труда. Информационная модель может быть выражена словесно в устной или письменной форме, а также графически или в натуральной вещественной форме.

Информация и энергетические источники, с одной стороны, являются самостоятельными факторами труда, отделившимися от субъекта данного процесса труда. Это отделение является результатом исторического развития жизни людей, разделения труда и подчинения себе человеком естественных сил природы. С другой стороны, информация и энергия по отношению к субъекту данного процесса труда являются заранее данными извне и потому дополнительными факторами, повышающими степень целесообразного действия субъекта. Так или иначе, информация и энергия приобретают самостоятельный характер, частично примыкая к средствам труда и частично – к субъекту труда.

Мы условимся считать информацию и энергию разновидностью средств труда. В практическом и теоретическом плане эти факторы процесса труда рассматриваются как самостоятельные.

На основе изложенного структурная схема единичного процесса труда будет иметь следующий вид (рисунок 11.4):

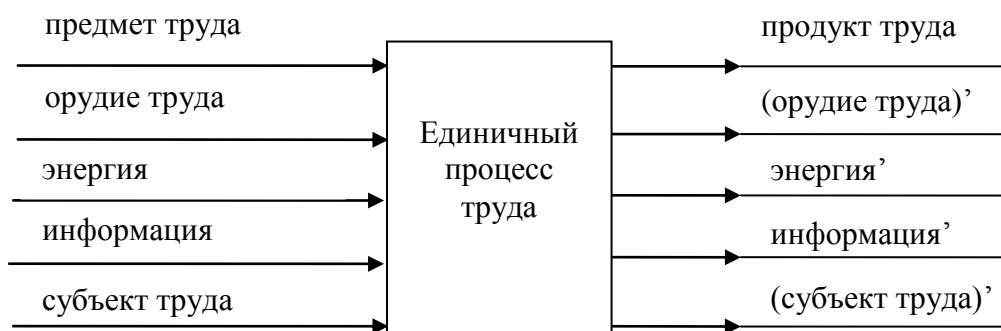


Рисунок 11.4 – Структурная схема единичного процесса труда

Единичный процесс труда здесь изображен абстрактной структурной схемой, но в практике мы всегда имеем дело с конкретными видами работ, то есть с индивидуальной формой процессов труда. В связи с этим следует подчеркнуть: **единичный процесс труда всегда и всюду имеет индивидуальную форму проявления.**

В виде иллюстрации отметим, что, например, в производстве редуктора РЦД250 функционирует 453 различных технологических операций. Каждая операция имеет свою индивидуальную форму совершающегося процесса: свое название, инструмент, приспособления, станки, вспомогательные и основные материалы, индивидуальные приемы и методы труда и т. п. Однако, несмотря на различие в форме, они имеют единую сущность. Во всех технологических опе-

рациях активным действующим элементом является субъект труда – человек. Он задает цель, строит мысленную модель будущего продукта, моделирует процесс труда, реализует цель, то есть ведет сам процесс труда.

Каждый элемент процесса труда, взятый в отдельности, в определенный момент трудового процесса может рассматриваться как целостная система. Следовательно, всякая технологическая операция может рассматриваться как процесс взаимодействия отдельных систем.

В момент до наступления процесса труда его элементы (предмет, средства, субъект) могут быть рассмотрены в состоянии относительного покоя. Сам субъект труда обладает определенными функциональными способностями, характеризующимися чувствами: тяготения, пространства, времени, слуха, зрения, обоняния, вкуса, осязания. А предмету труда присущи разнообразные свойства: форма в пространстве, момент времени, сила сцепления, химический состав, сила тяготения и т. д.

Рассматривая процесс труда с точки зрения проявления интеллектуальных способностей человека, следует обратиться к современным достижениям кибернетики, в частности к теории информации. Уровень интеллектуальной развитости индивидуума оценивается величиной его тезауруса, то есть количеством информации, которой обладает человек. В процессе труда он не только использует априорную информацию, но и воспринимает новую, чем расширяет свой собственный тезаурус. Следовательно, уменьшая энтропию системы материальных факторов процесса труда, человек обогащает себя информацией.

Таким образом, всякая технологическая операция есть не только процесс расходования рабочей силы, но и ее совершенствование через преобразование информации.

Любая операция имеет три логических момента, или состояния:

первое состояние, когда все факторы труда находятся в статике, не взаимодействуют между собой. При этом каждый материальный фактор обладает самостоятельными признаками, свойствами, которые количественно могут быть выражены через геометрические, физико-химические, информационные, физиологические, психологические и другие параметры;

второе состояние, когда все факторы труда находятся в динамике, взаимодействуют между собой. Состояние собственно самого процесса труда характеризуется постоянно меняющимися (непрерывно или дискретно) динамическими связями и отношениями свойств и признаков, которыми обладают факторы труда;

третье состояние после процесса (результат процесса), когда каждый фактор труда находится вне взаимодействия с другими факторами и характеризуется разнообразными свойствами, приобретенными или утраченными.

Всякий процесс труда может быть рассмотрен в различных аспектах, в частности:

1. В **технологическом**, как процесс технического воздействия на предмет труда, когда все моменты процесса труда рассматриваются под углом зрения трансформации определенных геометрических параметров, физико-химических свойств предмета труда.

2. В **энергетическом**, как процесс преобразования энергии и установления соответствующих пропорций, отвлеченно от субъекта труда.

3. В **физиологическом** аспекте, как процесс затраты рабочей силы субъектом труда на преодоление противодействия пассивных факторов труда, то есть как процесс энергообмена человека.

4. В **интеллектуальном**, как процесс приема, переработки и передачи информации субъектом труда, то есть как процесс изменения энтропии процесса труда.

Синтез всех аспектов дает полную количественную и качественную характеристику единичного процесса труда. Следовательно, мы сможем получить количественное выражение всякой технологической операции через единый синтезирующий показатель.

11.2. Физический и умственный труд

На предприятиях машиностроительной промышленности инженерно-технические работники и служащие составляют 20-50 процентов всей численности основных и вспомогательных рабочих.

Характерной чертой современного производства является расширение сферы применения различного рода электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Обыденным для промышленных предприятий становится наличие информационных вычислительных центров. Все большее число людей вовлекается в систему автоматизированного управления технологическими процессами и целыми производствами и предприятиями. Стало распространенным выражение «поток информации». Возникла новая отрасль науки – инженерная психология. Все это делает вопросы изучения и организации умственного труда весьма актуальными. Например, на редукторном заводе в 30-х годах XX в. на 18 рабочих приходился 1 инженерно-технический работник, а в конце века каждый ИТР обслуживал уже 3 рабочих.

Результаты увеличения числа инженерно-технических работников реально выражаются в росте производительных сил, в повышении механо- и энерговооруженности труда.

Мы часто отмечаем существенное различие между умственным и физическим трудом. При рассмотрении любых видов труда, выполняемых инже-

нерно-техническими работниками и рабочими, с точки зрения проявления субъектом труда своих способностей, не представляется возможным отделить физический характер от умственного. В самом деле, рытье траншеи не может происходить, если исключить из процесса труда интеллектуальное проявление землекопа. Выполнение конструкторской работы по расчету и вычерчиванию чертежа детали редуктора не может быть представлено без участия физических приемов конструктора. Следовательно, всякий процесс труда может протекать лишь при одновременном проявлении физических и умственных (интеллектуальных) способностей субъекта.

11.3. Качество и количество труда

Всякий конкретный процесс труда имеет свою качественную определенность. Она выражается совокупностью свойств, признаков и параметров, определяющих данный процесс труда как таковой. Так, например, любая технологическая операция есть качественное проявление единичного процесса труда. Если мы говорим: «операция №10 – токарная черновая обточка диаметров d_0 , d_1 и d_2 детали 013251 редуктора РЦД 250», то уже почти полностью даем качественную характеристику этого единичного процесса труда. Достаточно посмотреть технологическую операционную карту, чтобы определить набор свойств, признаков и параметров, обуславливающих конкретную форму и содержание этого единичного процесса труда.

Следовательно, качественная определенность труда выражается в конкретном индивидуальном процессе труда, совокупность которых в масштабе предприятия определяет качество производства.

Для практических целей уже сравнительно давно используется метод деления работ и профессий на тяжелые и вредные, особо тяжелые и особо вредные на основе физиологических, санитарно-гигиенических исследований и обобщения практических запросов отдельных предприятий. В настоящее время, когда требуется в каждом конкретном случае, практически в каждой технологической операции глубоко научно подходить к нормированию и организации различных аспектов трудового процесса, производству нужны более точные, детальные нормативы и методы анализа любого трудового процесса.

Например, согласно установившемуся положению, к тяжелым работам относятся работы с подъемом тяжести свыше 50 кг для мужчин и свыше 20 кг для женщин. Возникают вопросы: а какова периодичность подъема тяжести? Каков темп движений, то есть, за какое время поднимать эту тяжесть? При какой температуре окружающей среды происходит подъем тяжести? и т.д.

Сущность и результаты различных исследований, опубликованных в печати по вопросу о тяжести, напряженности и интенсивности труда, если не касаться социальных аспектов, можно свести к следующим положениям:

- 1) характеристикой труда в физиологическом аспекте является тяжесть;
- 2) характеристикой труда с точки зрения воздействия производственной среды на анализаторные системы является напряженность;
- 3) величина, как тяжести, так и напряженности труда зависит от вещественных факторов и условий среды, в которых протекает процесс труда; различие понятий тяжесть, напряженность и интенсивность труда на практике усматривается в различии видов и величин оплаты труда, в формах и способах материального поощрения работников.

Отметим некоторые основные положения исследования трудового процесса.

Ранее были раскрыты сущность и факторы единичного процесса труда. Субъект труда – активный, созидаящий фактор труда, другие факторы являются пассивными, противодействующими. Следовательно, субъект труда напрягает свой организм для преодоления противодействия пассивных факторов трудового процесса. Чем выше тяжесть противодействия, тем выше уровень напряжения организма субъекта труда.

Напряженность есть понятие, отнесенное только к субъекту труда. Слова напряженность и интенсивность есть одно и то же, так как «интенсивность» слово латинское и переводится на русский язык как напряженность. В процессе функционирования человеческий организм напрягается двояко: с одной стороны, он напрягает мускульно-скелетную систему для преодоления физических противодействующих сил, с другой стороны, он напрягает нервно-мозговую систему для восприятия и мысленного преобразования информации. Один вид напряжения без другого не существует, ибо это общий процесс единой системы. Однако для анализа (только для научного анализа) возникает **целесообразность расчленения общей напряженности на два вида: физическую и интеллектуальную. Первый вид напряженности изучается физиологией и гигиеной труда, второй вид – общей и инженерной психологией.**

В этом смысле реальные трудовые процессы делятся на два вида: с явно выраженной физической напряженностью (физический труд) и с явно выраженной интеллектуальной напряженностью (умственный труд).

В общем аналитическом виде можно записать:

$$H = f(\tau), \quad (11.1)$$

где H – напряженность человеческого организма; τ – тяжесть материальных и информационных условий труда на рабочем месте.

Следовательно, напряженность труда есть функция тяжести материальных и информационных условий его процесса на рабочем месте. С повышением тяжести повышается и напряженность труда (в этом смысле тяжесть и напряженность труда – понятия равноценные).

11.4. Физиологи об энергии человека

Рассматривать труд в физиологическом аспекте – это значит исследовать физиологические проявления человека в трудовом процессе. Физиологические реакции человека являются ответом на противодействующие факторы процесса труда, каковыми являются предмет труда, орудие труда, энергетические преобразователи. Для познания функциональной зависимости действия человека от противодействующих факторов требуется разложить процесс труда во времени на отдельные приемы и движения, определить факторы, воздействующие на органы чувств исполнителя труда.

Для познания функционирования человеческого организма в процессах труда необходимо рассмотреть физиологическое проявление организма как целостной системы в физиологической абстракции, подчиненной общим законам природы.

Любой живой организм находится в тесном взаимодействии с окружающей средой. Между организмом и внешней средой постоянно совершается обмен веществ. Из внешней среды в организм поступают необходимые для жизни питательные вещества и газы. Из организма во внешнюю среду выделяются продукты, образовавшиеся после их использования.

В организме человека тепловая энергия от сгорания пищи превращается, главным образом, в механическую энергию. За счет этого превращения рабочие органы тела – мышцы – сокращаются. В результате этих сокращений совершается работа.

Количество энергии, которое расходуется человеческим организмом в состоянии покоя, в физиологии называется энергией основного обмена, или просто основным обменом.

Переход от основного обмена в сторону уменьшения энергии обмена приводит к прекращению жизнедеятельности человеческого организма. Переход от основного обмена в сторону увеличения энергии обмена вызывает ускорение жизнедеятельности организма, то есть относительно покоящееся тело переходит к двигательной деятельности. Следовательно, **основной обмен есть физиологическая граница перехода организма человека от покоя к труду (при рассмотрении трудовой деятельности).**

11.5. Измерение энергообмена человеческого организма

Количество тепла, вырабатываемое организмом, определяют двумя методами: прямым калориметрированием в специальных камерах-калориметрах и косвенным калориметрированием – путем замера потребления кислорода и выделения углекислого газа. За единицу тепловой энергии принимается 1 ккал, то есть то количество тепла, которое нагревает 1 кг воды на 1° в пределах от 19,5°С до 20,5°С.

Установлено, что человек среднего возраста весом 60 кг (условный базовый человек) расходует в покое 60 ккал/час и основной обмен его в сутки составляет 1440 ккал. Если суточный расход энергии условно считать равномерным в течение каждого часа и минуты, то средняя энергия основного обмена составит

$$\frac{1440 \text{ ккал/сутки}}{1440 \text{ мин/сутки}} = 1 \text{ ккал/мин.}$$

Исследователями установлено, что основной обмен у каждого организма различен по величине и колеблется в пределах 800÷1750 ккал, в зависимости от размеров тела, возраста, веса тела и пола.

С позиций квалитетического анализа и для теоретических исследований условный базовый человек его основной обмен в 1440 ккал/сутки и 1 ккал/мин представляет вполне очевидный интерес как мера и размерность затрат физиологической энергии человека в процессах труда, тем более, что эта величина очень хорошо согласуется с физическими величинами и метрологическими единицами.

Таким образом, трудовые процессы в физиологическом аспекте могут быть измерены в единицах основного обмена человеческого организма.

11.6. Соотношение между энергией человека и его механической работой

Для получения количественной оценки физической напряженности труда его процесс необходимо рассмотреть как систему взаимодействующих физических сил.

Активные силы:

- а) двигательная физиологическая сила человека;
- б) силы природы, увеличивающие силу человека – различные виды энергии, опосредствуемые человеком в своих трудовых действиях.

Пассивные силы:

- а) вес человеческого тела – сила собственного тяготения;
- б) силы противодействия, исходящие от предмета труда;
- в) силы противодействия, исходящие от средств труда.

Взаимодействующие силы находятся в определенных физических условиях среды, которая характеризуется определенными величинами температуры, скорости, влажности воздуха, химическим составом воздуха, уровнем аэрозолей, освещенности, шума, вибрации, радиации.

Действия человека в процессе труда имеют определенную скорость движений. Все это можно выразить следующей логической зависимостью:

$$H_{\Phi} = f(P_{\text{ч}}, P_{\text{пт}}, P_{\text{ст}}, T, t^{\circ}, V, \gamma, A_{\text{эр}}), \quad (11.2)$$

где H_{Φ} – напряженность физическая, испытываемая человеческим организмом в процессе труда; $P_{\text{ч}}$ – вес субъекта труда, во всех расчетах будет принят 65 кг; $P_{\text{ст}}$ – усилие противодействия средств труда, в частности усилие включения и выключения маховиков, рычагов, рукояток, кг; $P_{\text{пт}}$ – усилие противодействия предмета труда, в частности, вес заготовки; T – темп работы человека, измеряемый количеством микродвижений в единицу времени или получаемый расчетным методом на основе определения скоростей и ускорений различных органов человеческого тела совместно с предметом и орудиями труда; t° – температура окружающего воздуха, градусов Цельсия; V – скорость движения воздуха, м/сек; γ – влажность окружающего воздуха, процентов по психрометру; $A_{\text{эр}}$ – различные аэрозоли, содержащиеся в воздушной среде рабочей зоны.

Как видно из приведенной зависимости, в нее не вошли такие условия, как шум, вибрация, освещенность, радиация. Не вдаваясь в подробности их влияния на человеческий организм, можно отметить, что эти факторы в значительной степени влияют на утомление организма, лишь незначительно изменяя энергозатраты. (Леман Г. Практическая физиология труда. М.: Медицина, 1967). Утомляемость – это особая проблема в физиологии и организации труда, и ее мы здесь не рассматриваем.

Взаимодействие сил во всяком процессе труда, относимом к группе физических видов труда, можно свести к механической работе, выразив ее в кгм или в кгм/мин. В частности, квалитетрический показатель физической напряженности труда для большинства видов физической работы получается из следующей аналитической зависимости:

$$K_{\Phi\text{н}} = f(A_{\text{т}}, A_{\text{пт}}, A_{\text{об}}, A_{\text{ос}}) \times K_{\text{м}} \times K_{\text{у}}, \quad (11.3)$$

где $K_{\Phi\text{н}}$ – коэффициент физической напряженности; $A_{\text{т}}$ – механическая работа, совершаемая телом человека при его перемещении, а также при движении от-

дельных частей тела, кгм/мин; $A_{пт}$ – работа, совершаемая рабочим при воздействии на предмет труда, кгм/мин; $A_{об}$ – работа, совершаемая при воздействии на органы управления оборудованием, кгм/мин; $A_{ос}$ – работа, совершаемая рабочим при воздействии на органы управления технологической оснасткой, кгм/мин; K_m – коэффициент, характеризующий влияние температуры, влажности и скорости движения воздуха на напряженность человеческого организма; K_y – коэффициент, характеризующий влияние на организм человека различных аэрозолей.

При анализе зависимости величины внутренней энергии, вырабатываемой человеческим организмом, от параметров противодействующих факторов процесса труда необходимо исходить из того, что физиология различает два основных проявления мышечной деятельности. Мышечная деятельность человека, сопровождаемая перемещением тела в целом или частей его относительно друг друга, получила название динамической работы, а мышечная деятельность без активного перемещения тела или частей его относительно друг друга – статической работы. Как динамическая, так и статическая нагрузка количественно выражаются соответствующими физическими величинами.

11.7. Расчет механической работы, совершаемой в процессе труда

Согласно положению механики, работа измеряется произведением силы, действующей в направлении перемещения, на величину перемещения точки приложения силы, то есть

$$A = F \times S. \quad (11.4)$$

Например, при поднятии 10 кг груза с земли на высоту 1 м производится 10 кгм полезной механической работы. Однако по отношению к человеку это составляет лишь часть той работы, которая в действительности выполняется. Выполняя полезную механическую работу, человек вместе с тем совершает работу по перемещению массы собственного тела или части тела в вертикальном или горизонтальном направлении. Причем в количественном отношении эта работа значительно больше полезной работы и зависит от технологического процесса, системы организации производства и рабочего места.

В физиологическом аспекте конкретная форма процесса труда безразлична. Здесь рассматривается лишь взаимодействие сил в динамике, поэтому ранее выведенную зависимость можно упростить. Допустим, что какой-то процесс труда совершается при следующих климатических и санитарно-гигиенических условиях:

$$t^{\circ} = 18-20^{\circ}\text{C}, \gamma = 50-60\%, V = \text{до } 2 \text{ м/сек}, A_{\text{эп}} = 0,$$

то есть комфортные условия и практически чистый воздух. При таких условиях коэффициент, учитывающий микроклимат K_m , и коэффициент, учитывающий условия воздушной среды K_y , можно принять равными единице. Коэффициент физической напряженности определятся из вывода зависимости:

$$K_{\text{фн}} = f(\Sigma A_i), \quad (11.5)$$

где левая часть представляет выработку внутренней энергии в человеческом организме, правая часть – сумму внешних механических работ, совершаемых физической системой взаимодействующих факторов процесса труда. В Приложении 8 изложена методика расчетов.

Располагая достаточным количеством экспериментов по замеру энергообмена человека в различных видах конкретных работ, можно рассчитать для них сумму механической работы и в результате обобщений получить формулу, по которой в будущем можно **определить коэффициент физической напряженности, не прибегая к замеру энергообмена человека.**

11.8. Динамика и статика в работе

Человеческий организм испытывает одновременно и статическую и динамическую нагрузку. Различные пропорции их зависят от организационно-технических условий, в которых протекает трудовой процесс. Нервно-мышечный процесс выработки пропорций статики и динамики мышц связан с сочетанием тонических и титанических мышечных напряжений.

Функция мышцы состоит в том, чтобы при динамической работе сблизить две точки, к которым прикреплены ее концы, преодолевая при этом внешнее сопротивление. При статической работе функции мышц состоят в том, чтобы удерживать эти точки в определенном положении, преодолевая внешние воздействия, при «отрицательной» же работе – противодействовать их расхождению в противоположных направлениях. Обычно динамическая и статическая деятельность мышц дополняют друг друга: статически работающие мышцы обеспечивают исходное положение тела, на базе которого выполняется динамическая работа.

В то время как величина статической работы определяется только величиной внешней противодействующей силы и соотношением рычагов, требование к динамически работающей мышце зависит, кроме того, от массы движущихся частей и от момента инерции. Установлено (Леман Г. Практическая физиология труда. М.: Медицина, 1967), что статическая работа является более напряженной и утомительной, чем динамическая работа. Для динамической работы характерна более или менее регулярная смена сокращений и расслаблений.

Для дальнейшего анализа обозначим буквой « a » соотношение статической и динамической нагрузки, возникающей в скелетной мускулатуре человека при выполнении конкретной работы. Величина эта безразмерна и для каждого типа, вероятно, так же как и коэффициент полезного действия, имеет свою определенную величину. Количественных измерений, конкретных значений соотношения « a » в публикациях почти не имеется. Примем, $a = 1,0$ для такого процесса труда, для которого соотношение внешней механической работы и внутренней энергии является максимальным, то есть $\frac{A}{E} = \max$.

Попробуем найти этот вид деятельности (см. Приложение 8).

Что от чего зависит? В фундаментальной работе по физиологии труда (Леман Г. Практическая физиология труда. М.: Медицина, 1967), приведен перечень наиболее простых и часто встречающихся в обыденной практике видов физической деятельности. В этом перечне даются результаты исследования энергообмена человека в ккал/мин для каждой разновидности деятельности.

Анализ этих данных (см. Приложение 9) позволил сделать ряд полезных выводов. При расчете отношения механической работы к расходу внутренней энергии выяснилось, что наиболее «производительным» видом деятельности человеческого организма является ходьба без груза со скоростью 4-4,5 км/час. Действительно, этот вид деятельности имеет наивысшее отношение механической работы к расходу внутренней энергии – 337 кгм/ккал. Это подтверждает ряд высказываний физиологов и инженеров-организаторов труда об «экономности» ходьбы со скоростью 4 км/час.

Наименее «производительным» оказался подъем по вертикальной лестнице с грузом. В остальных случаях отношение $A:E$ находится между этими двумя видами деятельности.

Исходя из изложенных теоретических принципов работы скелетной мускулатуры можно представить следующее математическое выражение:

$$E = a \cdot \frac{A}{C}, \quad (11.6)$$

где E – расход внутренней энергии человеческого организма, ккал/мин; A – внешняя механическая работа, совершаемая системой человек-орудие-предмет труда, кгм/мин; a – соотношение статической и динамической нагрузки, возникающей в скелетной мускулатуре человека при выполнении конкретной работы, величина безразмерная; C – перевод коэффициента механической работы в теплоту, кгм/ккал.

В приведенной выше формуле имеется в виду расход энергии, идущей на преодоление внешних физических сил, то есть на совершение механической работы. Однако, кроме этого, энергия расходуется на основной обмен $E_{об}$, поддержание позы в исходной позиции E_0 (стоять, сидеть).

Следовательно, можно записать:

$$E_c = E_{об} + E_0 + a \cdot \frac{A}{C}. \quad (11.7)$$

Энергия основного обмена как величина постоянная для определённого человека из рассмотрения может быть исключена, то есть

$$E = E_c - E_{об} = E_0 + a \cdot \frac{A}{C}, \quad (11.8)$$

где $E = E_c - E_{об}$ – энергия, расходуемая организмом человека в процессе выполнения работы за вычетом основного обмена. В Приложении 9 представлена именно эта энергия.

Для расчёта коэффициента физической напряженности различных видов деятельности человека примем за базовый, стандартный «процесс труда» ходьбу со скоростью 4 км/час, при этом, $a = 1,0$. Энергия для поддержания позы «стоять» $E_0 = 0,7$ ккал/мин. (Приложение 9).

Для ходьбы можно вычислить переводной коэффициент:

$$C = \frac{a \cdot A}{E - E_0}, \quad (11.9)$$

и на основе данных таблицы 4.1 и принятых условий определить, что

$$C = \frac{1,0 \cdot 710}{2,1 - 0,7} = 473 \frac{\text{кгм}}{\text{ккал}} \approx 500 \frac{\text{кгм}}{\text{ккал}}.$$

Отсюда окончательно получаем:

$$E = E_0 + a \cdot \frac{A}{500}. \quad (11.10)$$

Из этой же формулы на основе преобразования получается выражение коэффициента «а»:

$$a = \frac{(E - E_0) \cdot 500}{A}. \quad (11.11)$$

Для расчёта конкретных величин «а» по видам работ, представленных в Приложении 9 необходимо подставить в эту формулу соответствующие значения E , E_0 и A из этой же таблицы.

11.9. Коэффициент тяжести

Для перехода от энергетических затрат к коэффициенту физической напряженности правую и левую части уравнения энергетических затрат поделим на расход энергии человеком при ходьбе со скоростью 4 км/час, принятой за базовый процесс труда (E_0):

$$K_{\text{фн}} = \frac{E}{E_6} = \frac{1}{E_6} \left(E_0 + a \cdot \frac{A}{500} \right) \cdot K_m \cdot K_y, \quad (11.12)$$

где K_m – коэффициент микроклимата; K_y – коэффициент условий воздушной среды.

Для конкретных работ, ранее не исследованных физиологами, затраты внутренней энергии рассчитываются в следующей последовательности:

1. В работе выделяются отдельные фиксированные состояния. При необходимости разрабатывается схема движений в «системе человек – орудие–предмет труда», составляется дерево свойств и взаимосвязей.

2. Рассчитывается внешняя механическая работа, совершаемая системой человек – орудие – предмет труда, по законам механики или по специально разработанным нормативам.

3. Выбирается по аналогии или на основе расчетов коэффициент соотношения статической и динамической нагрузки на мышцы (a) или в целом для работы, или для отдельных ее элементов. Аналогами служат виды работ, приведенные в Приложении 9.

4. Рассчитывается коэффициент физической напряженности при условии, что $K_m = 1,0$ и $K_y = 1,0$.

Для большей наглядности продолжим пример с погрузкой бутового камня. Следует найти коэффициент « a » и рассчитать коэффициент физической напряженности.

Из Приложения 9 для вида движений: наклон корпуса вниз, подъем корпуса вверх с одновременным движением рук с грузом – находим « a » по формуле:

$$a = 2,3046 + 0,0786 l + 0,4067 h - \sqrt{0,0265 n + 0,067 l + 0,0711 h + 0,0272 l h - 0,0141 l^2 - 0,0314 h^2 - 0,4323},$$

где l – длина бросания груза, м; h – высота бросания груза, м; n – количество бросков, шт./мин.

В рассматриваемом примере погрузки камней

$$l = 2,0 \text{ м}; h = 2,0 \text{ м}; n = \frac{1000}{60} = 16,7 \text{ шт/мин},$$

$$a = 2,3046 + 0,0786 \cdot 2 + 0,4067 \cdot 2 - \sqrt{0,0265 \cdot 16,7 + 0,067 \cdot 2 + 0,0711 \cdot 2 + 0,0272 \cdot 2 \cdot 2 - 0,0141 \cdot 2^2 - 0,0314 \cdot 2^2 - 0,4323} = 2,83.$$

Коэффициент физической напряженности:

$$K_{\text{фн}} = \frac{1}{E_6} \left(E_0 + a \cdot \frac{A}{500} \right) \quad \text{при } E_6 = 2,1 \text{ ккал/мин}, E_0 = 0,7 \text{ ккал/мин},$$

$a = 2,83$ и $A = 1280$ кгм/мин.

$$K_{\text{фн}} = \frac{1}{2,1} \left(0,7 + 2,83 \cdot \frac{1280}{500} \right) = 3,8.$$

Полученный коэффициент показывает, что при затрате внутренней энергии 8 ккал/мин без учета основного обмена работа по погрузке 1000 камней весом 4 кг каждый на грузовую автомашину в 3,8 раза напряжённее ходьбы со скоростью 4 км/час без груза при благоприятных условиях микроклимата и воздушной среды.

11.10. Поправочный коэффициент на микроклимат

Поправочный коэффициент к энергозатратам человеческого организма, в зависимости от изменяющихся параметров микроклимата, может быть выражен функциональной зависимостью:

$$K_m = f(E, t^\circ, П, \nu, v), \quad (11.13)$$

где E – уровень энергозатрат для конкретного вида работы; t° – температура воздуха в рабочей зоне; $П$ – период года, определяемый температурой наружного воздуха; ν – относительная влажность воздуха в рабочей зоне; v – скорость воздуха в рабочей зоне.

Существуют две схемы физиолого-гигиенической оценки микроклимата в бытовых и производственных условиях. Первая схема – это расчетный метод, при котором необходимо экспериментально изучить лишь микроклимат. По второй схеме проводятся расчеты на основе физиологических наблюдений, при которых, наряду с микроклиматическими данными, необходимо учитывать состояние организма по ряду физиологических показателей.

Большинство отечественных (Н.К. Витте) и зарубежных (Бартон, Уинслоу) исследователей считали возможным и перспективным использование расчетных формул для оценки состояния терморегуляции. Однако этот метод характеристики теплового состояния организма связан с рядом теоретических и практических трудностей. На настоящем этапе при решении разнообразных практических задач постановка физиологических исследований обычно крайне сложна, а иногда, например, на этапе проектирования, принципиально невозможна. Поэтому представляется оправданным изучение и оценка теплообмена человека в описанных микроклиматических условиях путем применения расчетных методов, хотя и имеющих приближенное значение. (Приложение 10. Расчет коэффициентов микроклимата K_m).

11.11. Поправочный коэффициент на аэрозоли

Нормирование условий воздушной среды в промышленности – одна из важнейших задач гигиены труда. Ряд исследователей состояние воздушной среды разбивают на 4 зоны: зона особо благоприятных условий, благоприятных условий, неблагоприятных условий – психологическая граница, недопустимых условий – физиологическая граница.

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий являются основным законодательным документом по делам строительства и распространены на все отрасли промышленности. В нем сформулированы требования, предъявляемые к различным производственным и бытовым помещениям, санитарно-техническим устройствам и т.д.

В приложениях к нормам дается классификация производств и защитных зон, нормы метеорологических условий в производственных помещениях, предельно допустимые концентрации вредных газов, паров, пыли в воздушной среде рабочих помещений, нормы естественного и искусственного освещения, шума и вибраций. (Приложение 11).

Из фактов наблюдения следует весьма важный вывод: достаточно обнаружить в воздушной среде рабочей зоны один какой-либо химический элемент или вещество выше пределов допустимой концентрации, как необходимо применять защитные средства либо прекратить процесс работы. Для установления уровня напряженности труда независимо от конкретного химического состава аэрозолей (пыли и газов) может быть установлен один коэффициент поправки на наличие аэрозолей, учитывающий лишь уровень их концентрации в воздушной среде.

Состояние воздушной среды в рабочей зоне можно разделить на четыре группы: благоприятные условия, нормальные условия, неблагоприятные условия, недопустимые условия. По таблице 11.1 можно установить величину поправочных коэффициентов на уровень аэрозолей.

Таблица 11.1 – Поправочные коэффициенты напряжённости труда, учитывающие уровень различных аэрозолей и условий труда на рабочем месте

Наименование класса	Номер подкласса и степени опасности	Условные обозначения	Поправочный коэффициент
Оптимальные условия	I	У1	1,00
Допустимые условия	II	У2	1,125
Вредные условия и их степени	III-1	У3-1	1,25
	III-2	У3-2	1,52
	III-3	У3-3	1,67
	III-4	У3-4	2,00
Опасные условия	IV	У4	∞

Состояние среды в рабочей зоне классифицируется по условиям труда на четыре класса – оптимальные, допустимые, вредные и опасные условия. Вредные условия труда (III класс) – это условия труда, при которых уровни воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, в том числе: подкласс III-1 (вредные условия труда 1 степени); подкласс III-2 (вредные условия труда 2 степени); подкласс III-3 (вредные условия труда 3 степени); подкласс III-4 (вредные условия труда 4 степени).

Примерные издержки производства для компенсационных затрат за условия труда на рабочих местах могут быть учтены с помощью квалиметрических параметров условий труда в рабочем пространстве. Организация проведения оценки условий труда на рабочих местах осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» от 28 декабря 2013 г. №426-ФЗ по «Методике проведения специальной оценки условий труда, классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, по форме отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 24 января 2014 г. № 33Н. 93 с.).

11.12. Микроэлементы труда

Американский инженер, основоположник технического нормирования труда Ф. У. Тэйлор расчленял технологическую операцию на составляющие ее элементы, описывал каждый из этих элементов, определял при помощи хронометража необходимую их продолжительность и добавлял к этой продолжительности определенные надбавки времени на перерывы, не зависящие от рабочего, и на отдых.

Позднее, тоже американский инженер Ф. Б. Гилбрет, основоположник изучения движений, применил киносъемку для съемки методов выполнения различных работ. Гилбрет дополнительно расчленил элементы Тэйлора на микроэлементы – основные движения, которые он назвал терблигами (от обратного произношения своей фамилии). Эти терблиги применялись для разработок норм времени почти таким же образом, как элементы Тэйлора.

Дальнейшее развитие методов Тэйлора и Гилбрета привело к разработке элементных нормативов на многие виды производственных операций. Эти элементные нормативы, полученные на основе хронометража, часто называют нормативами времени. В нормативах, основанных на идеях Гилбрета (системах микроэлементных нормативов), в качестве элементов принимаются отдельные трудовые движения, а не приемы, входящие в состав операций.

Наиболее известны такие микроэлементные нормативы, как «система определения метода и продолжительности работы (МТМ)», «система факторов работы», «система анализа микродвижений» (система МТА), «система нормативов на основные движения» (система ВМТ, системы MOST, MODAPS и др.), в свое время советскими специалистами разработаны разновидности этих систем применительно к различным конкретным производственным условиям, например, БСМ-1. В частности, успешно применялась система микроэлементных нормативов времени Горьковского автозавода.

Группой специалистов Научно-исследовательского института минооборонпрома возглавляемой автором этой книги (Ю.П.) на основе системы МТМ и Горьковского автозавода разработана и практически применена на нескольких предприятиях система микроэлементов. Основная особенность этой системы состоит в том, что во всех системах для каждого микроэлемента определена лишь продолжительность выполнения движения, а ижевские инженеры рассчитали для каждого движения величину времени выполнения трудового элемента (движения) и механической работы, совершаемой человеческим телом (рисунок 11.5). (Орефков В.В., Перовошиков Ю.С. Эргономическое нормирование труда. М.: ВЦУЖ. 2007. 934 с.).

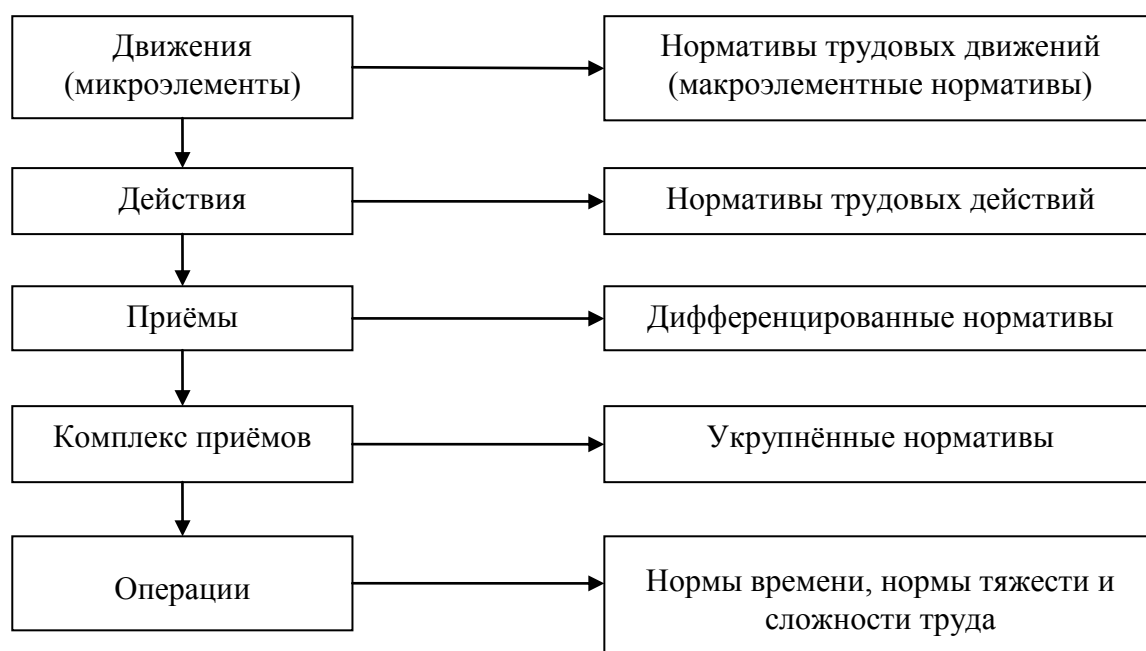


Рисунок 11.5 – Схема членения трудового процесса и соответствующих нормативов

Поясним сущность терминов. Под трудовым движением понимается однократное перемещение конечностей, их частей или корпуса исполнителя в процессе труда. Каждая разновидность трудового движения есть микроэлемент труда. Под трудовым действием понимается комплекс трудовых движений,

выполняемых непрерывно, имеющих общее целевое назначение и характеризующихся постоянством материальных элементов в течение времени его выполнения.

Этапы осуществления трудового процесса до уровня технологической операции и соответствующие им нормативы можно представить схемой (рис. 11.5).

С помощью микроэлементов можно расчленить любую операцию, комплекс приемов и действий на их составные элементы – микродвижения. Необходимо иметь в виду, что микроэлементы применимы лишь к ручным приёмам и действиям и не могут быть применены к «действиям» и «приемам» машины и механизмов. Для примера приводится расчленение приема «установка и снятие детали» на действия и движения (Приложение 12).

Для разложения любой технологической операции предусматривается система микроэлементных движений из 45 элементарных движений. Сущность их описана в Приложении 13.

Глава 12. Рабочее место – первичное звено производства

12.1. Определение рабочего места

Рабочему месту даются десятки различных определений, имеющих общее и различия в формулировках. У основоположников НОТ (А.К. Гастев, П.М. Керженцев, О.А. Ерманский) не было четко сформулированного определения рабочего места, поскольку оно считалось интуитивно ясным как место, где выполняется работа. С течением времени все большее количество лиц приходило к выводу о необходимости четкого определения терминов и создания единообразной терминологии. Поэтому в 1943 г. Комитет стандартизации работ секции управления производством американского общества инженеров-механиков установил следующее определение термина «рабочее место» (workstation, workplace): «Часть производственного участка, где рабочий выполняет заданную ему работу, включает пространство, необходимое для размещения оборудования и оснастки (верстака, станка, всех стеллажей, контейнеров, транспортирующих устройств и т. д.) и материалов». (Инженерная психология в применении к проектированию оборудования /Пер. с англ. под ред. Б.Ф. Ломова и В.И. Петрова. М.: Машиностроение, 1971. 488 с. С. 449).

В связи с развитием НОТ в 60-х годах в ГОСТ 19605-74 дается следующее определение: «Рабочее место – зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу или операцию». Современный ГОСТ 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S) определил: «3.2. рабочее место (workplace): часть рабочего пространства, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность». Отметим, что на рабочем месте совершается не трудовая деятельность, а лишь часть ее – единичный трудовой процесс. Говорить раздельно о работе или операции – значит вносить разный смысл в каждое понятие, в этом случае они должны быть также определены в стандартах.

Рабочее место оснащается, кроме технических средств, еще и оргоснасткой, технической документацией, смазочными веществами, электрической энергией и т.п. – в общем, средствами труда.

В связи с изложенными критическими замечаниями дадим следующее определение: **рабочее место – это элементарная часть производственного пространства, в которой размещенные средства труда, предметы труда и субъект (субъекты) труда взаимосвязаны для осуществления еди-**

ничных процессов труда в соответствии с целевой функцией получения продукта труда.

При таком определении рабочего места, характеризующие его понятия: средства труда, предметы труда, субъект труда, процесс труда, продукт труда – являются научными категориями экономики труда.

Организация труда как наука изучает единичные процессы труда на основе положений экономической теории, поэтому определение рабочего места через ее категории и понятия правомерно и достоверно. Далее, когда мы говорим, рабочее место – это элементарная часть производственного пространства, то подчеркиваем, что рабочее место есть элемент, неделимая в производственном смысле часть чего-то целого, а именно производства продукции. Здесь возникает объективная необходимость расшифровки политэкономических понятий: **средства, предмет, субъект, продукт труда** через понятия и категории организации производства. Например, когда мы уточняем понятие средства труда, перечисляем конкретные формы и свойства: технологическое оборудование, технологическая оснастка, инструмент режущий, инструмент мерительный, смазочно-охлаждающие материалы, организационная оснастка и т. д. В свою очередь, понятия и категории науки организации производства определяются и уточняются через понятия технологии производства. Например, технологическое оборудование уточняется через его технологические разновидности: токарно-винторезный станок, вертикально-фрезерный станок, гидравлический пресс и т.д.

В изложенном определении рабочего места размещенные средства, предметы, субъект труда характеризуются как взаимосвязанные для осуществления единичных процессов труда. Взаимосвязь есть характерный признак системных образований. Следовательно, рабочее место – это не просто размещение отдельных элементов, а такое размещение, которое через взаимосвязь образует систему. Таким образом, элементарная часть производственного пространства, в свою очередь, предстает как взаимосвязанное множество элементов (еще более мелких, фигурально выражаясь, по сравнению с предыдущими элементами).

Кроме того, в приведенном определении все элементы рабочего места взаимосвязаны в соответствии с целевой функцией получения продукта труда. Выработка и формулирование целевой функции – это область информационного моделирования и системного анализа, которые имеют дело с кибернетическими системами и теорией информации.

12.2. Целевая функция и организация рабочего места

Есть целый ряд определений понятия «система», которые с некоторой условностью в экономико-математических исследованиях подразделяются на три группы.

Повторим еще раз ранее данное определение системы: **система – это множество элементов, взаимосвязанных таким образом, что воздействие внешней среды (другого множества) на какую-то часть элементов приводит к изменению состояния всего множества.**

Принимая во внимание технологические принципы формирования рабочих мест и системные соображения, можно утверждать, что на рабочем месте совершаются вещественно-энергетические и психофизиологические информационные процессы, в которых имеются управляемая и управляющая части. Управляемой частью является система: оборудование-приспособление-инструмент-деталь (ОПИД), а управляющей частью – рабочий определенной профессии с определенными знаниями и опытом. На основе теории регулирования в системе с обратной связью функционирование рабочего места можно изобразить схемой (рисунок 12.1).

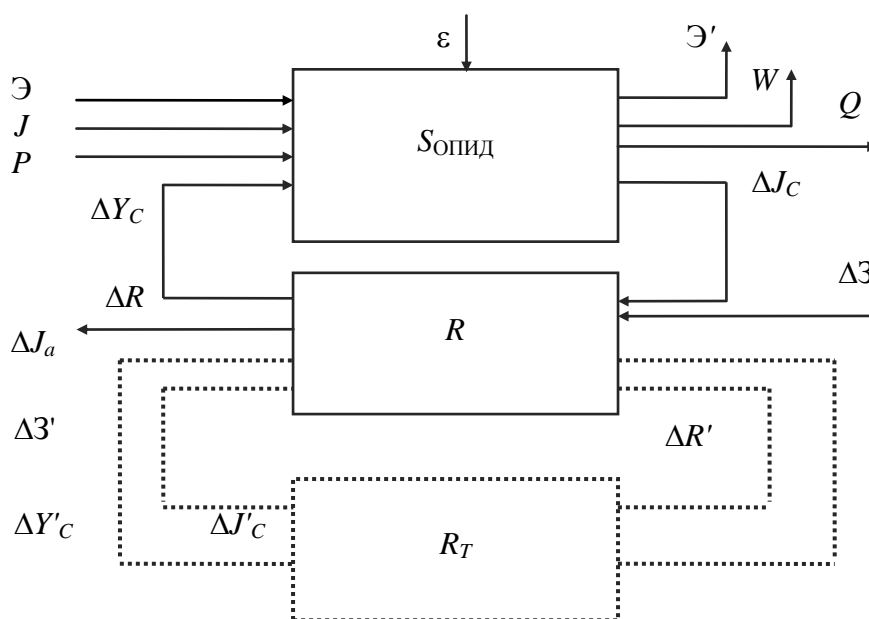


Рисунок 12.1 – Структурная схема функционирования рабочего места

Управление системой $S_{\text{опид}}$ на рабочем месте осуществляет рабочий R , который получает указание бригадира (мастера), наряд на выполнение работы, технологическую карту, операционно-нормировочную карту – одним словом, рабочий получает первичную информацию из вышестоящего уровня управления – ΔZ . Кроме этого, рабочий R обладает знанием, навыком, то есть, говоря языком теории информации, – собственным тезаурусом (априорной информацией) – R_T , величина которого меняется в соответствии с законом накопления опыта. На схеме R_T и соответствующие связи $\Delta Z'$, $\Delta J'_c$, $\Delta R'$, $\Delta Y'_c$ изображены пунктирными линиями, так как выделение блока знаний, процесса восприятия информации и сопоставление ее с тезаурусом (памятью) применительно к рабочему месту

можно представить лишь условно, то есть восприятие, прием, переработка, передача информации есть внутренний атрибут субъекта труда, приобретаемый, говоря психофизиологическим языком, в результате сенсомоторной реакции.

Рабочий в ходе управления (регулирования) процессом труда постоянно получает информацию ΔJ_C о результатах функционирования системы $S_{\text{ОПД}}$. Сам же плодотворный результат работы системы, продукт труда, обозначен Q . На входе системы $S_{\text{ОПД}}$ мы имеем предмет труда – заготовку P , энергию \mathcal{E} (например, электрическую) и информацию J .

На систему $S_{\text{ОПД}}$ из внешней среды действуют помехи ε , например, отбеленная корка на отливке из серого чугуна, неожиданное отключение электрического тока и т.п.

Функционирование системы рабочего места осуществляется по следующей взаимосвязанной цепочке: рабочий R получает первичную информацию (задание) ΔZ , сопоставляет ее с имеющейся в собственной памяти информацией, приводит в действие свои собственные силы ΔY_C и направляет их на отдельные части системы $S_{\text{ОПД}}$, то есть управляет взаимосвязанной функционирующей системой вещественно-энергетических процессов, происходящих в цепочке: оборудование-приспособление-инструмент-заготовка (деталь). В результате действия системы $S_{\text{ОПД}}$ заготовка P превращается в продукт Q – изделие и в отходы производства W ; энергия \mathcal{E} в системе ОПД претерпевает превращение (преобразуется в механическую силу, теплоту, звук) в \mathcal{E}' ; информация ΔJ_C о результатах функционирования системы ОПД воспринимается рабочим R , который посылает в вышестоящий уровень (бригадиру, контролеру, учетчику, мастеру) сообщение о своей деятельности ΔR ; с этого момента процесс снова повторяется, но уже с другим последующим экземпляром заготовки P . Изложенный циклический процесс каждый раз может быть стереотипным (одинаковым) или разным. Процесс совершается в пространстве и времени и имеет свой, присущий данному рабочему месту, **алгоэвроритм**, то есть сочетание алгоритмических и эвристических правил функционирования системы. Поскольку алгоэвроритм существует, то он может быть описан соответствующей информационной и математической символикой, то есть **может быть создана технико-экономико-математическая или инженерно-квалиметрическая модель рабочего места**.

В определении рабочего места утверждается, что на рабочем месте единичные процессы труда осуществляются в соответствии с целевой функцией получения продукта труда. Целевая функция – обычно это «формальное выражение цели системы». Применительно к рабочему месту целевая функция формально (математически) должна связать выход системы рабочего места с входом, то есть можно записать основную цель получения продукта Q как функцию всех необходимых факторов, входящих в систему факторов функционирования рабочего места, так: $Q = \varphi(S) = f(P, \Delta Z, \mathcal{E}, \Delta Y_C, W, \mathcal{E}')$, где S – ресурсы;

P – предметы труда; ΔZ – задание (первичная информация); Ξ – энергетические источники; ΔY_C – психофизиологические усилия (управляющие воздействия) рабочего; W – отходы в производстве (отходы от предмета труда и эксплуатационный износ средств труда); Ξ' – преобразованная (рассеянная) энергия.

В функциональную зависимость не вошли помехи ε , потому что (как видно из схемы) их влияние на результаты функционирования системы ОПИД не контролируется рабочим R . Управлять (изучать, предупреждать, легализовать) помехами ε принципиально может лишь какой-нибудь или все вышестоящие уровни управления сопряженными системами, поэтому воздействие на возможные помехи органически должно входить в первичную информацию (задание) – ΔZ .

Общеизвестно, что масса вещества и энергия при преобразованиях не исчезают, а только переходят из одного вида в другой.

Из структурной схемы рабочего места видно, что должно быть соблюдено равенство $Q + W + \Xi' = P + \Xi$.

Преобразуем равенство $Q = (P + \Xi) - (W + \Xi')$.

Разделим обе части равенства на $(P + \Xi)$:

$$\frac{Q}{(P + \Xi)} = 1 - \frac{(W + \Xi')}{(P + \Xi)}. \quad (12.1)$$

Обозначим $\frac{Q}{(P + \Xi)} = \eta$, $\frac{(W + \Xi')}{(P + \Xi)} = \varepsilon$, тогда $\eta = 1 - \varepsilon$.

Очевидно, что $\varepsilon = \frac{(W + \Xi')}{(P + \Xi)} \leq 1$, в силу чего $0 \leq \eta \leq 1$.

Отношение $\frac{Q}{(P + \Xi)} = \eta$ назовем **добротностью функционирования**

рабочего места, что эквивалентно понятию «коэффициент полезного действия» в процессах преобразования энергии. Возможно ли управлять изменением уровня добротности рабочего места? Допустим, что вся продукция – брак из-за несоответствия техническим условиям. Это может быть результатом многих технических, технологических, организационных помех, не зависящих от рабочего, а также от помех, возникающих из-за различных упущений самого рабочего, одним словом, из-за низкой организации труда. Запишем это рассуждение математически $\eta = f(\Delta Z, \Delta Y_C)$, где ΔZ – первичная информация, поступающая в виде производственного задания со всем комплектом документации и перечнем материально-технического снабжения рабочего места всеми необходимыми ресурсами; ΔY_C – управляющие воздействия рабочего.

Как видно из функциональной зависимости, **добротность функционирования рабочего места есть добротность управления рабочим местом.**

В сочетании с формой организации труда требованиями Трудового кодекса (ст.22. Права и обязанности работника) сознательность и добровольность составляют основную качественную характеристику организации труда на рабочем месте. Дисциплина предусматривает добросовестное выполнение работниками возложенных на них обязанностей по рациональному использованию орудий и предметов труда, рабочего времени, соблюдению режимов, последовательности и способов обработки предметов труда, повышению его производительности, улучшению качества продукции, соблюдению правил охраны труда и техники безопасности. Следовательно, внутрифирменная производственная дисциплина – широкое понятие. Если сузить ее смысл до уровня индивидуального и коллективного (бригадного) рабочего места, то можно производственную дисциплину рассматривать как состоящую из трех составных частей: трудовой дисциплины, технологической дисциплины и управленческой дисциплины.

Изложенное можно представить следующей аналитической зависимостью: $D_P = f(D_T) = \varphi(D_Y)$, то есть дисциплина труда (D_P) есть функция дисциплины технологической (D_T), которая, в свою очередь, есть функция управленческой дисциплины (D_Y). Совокупность (D_P , D_T , D_Y) составляет содержание и смысл производственной дисциплины. Отсюда возникает правомерность выражать уровень добротности управления рабочим местом $\eta = f(\Delta Z, \Delta Y_C)$ через уровень состояния производственной дисциплины.

Задачи укрепления дисциплины производства можно сформулировать, исходя из **всеобщего закона экономии рабочего времени, то есть закона экономии труда**:

а) осуществление экономии живого труда путем ликвидации простоев и прогулов, сокращения ручного труда, затрат труда высококвалифицированных специалистов на работы, не соответствующие их квалификации, снижения непланового передвижения работников;

б) борьба за экономию овеществленного (прошлого) труда путем ликвидации простоев машин и оборудования по разным причинам, особенно на ремонте, за обеспечение своевременного освоения мощностей и повышения КПД всех видов машин, механизмов и оборудования, ликвидацию перерасхода и потерь материалов, инструмента и оснастки;

в) стремление к оптимизации управленческой информации, упорядочению документооборота, повышение достоверности статистических данных, полное обеспечение производственных менеджеров и рабочих мест инженерно-технической и организационно-экономической информацией;

г) экономия будущего труда путем повышения качества инженерного проектирования и на этой основе получения оптимальных мощностей предприятий, целесообразного их размещения и эффективной эксплуатации, повышения квалиметрических показателей (показателей качества) продукции.

При практическом использовании ранее приведенного отношения возникает проблема несопоставимости размерностей Q, P, Ξ, W, Ξ' , так как продукт труда характеризуется своими размерностями, а предметы труда и энергия имеют несопоставимые с продуктом размерности, у отходов производства и рассеянной энергии соответствующие им единицы измерения. Конечно, в принципе возможно найти достаточно приемлемые методы эквивалентного перевода размерностей, однако существуют простые и менее трудоемкие методы определения добротности рабочего места.

Перечисленные пути борьбы за экономию труда ведут непосредственно к росту производительности труда, и, следовательно, вводя их в модель рабочего места через понятия добротности управления и производственной дисциплины, можно отражать количественно и на каждом рабочем месте основную задачу внутрифирменной организации труда.

Из изложенного вытекает вывод о том, что состояние производственной дисциплины можно характеризовать степенью полезного использования рабочего времени всех работающих и выражать количественно коэффициентом состояния производственной дисциплины:

$$K_{\text{пд}} = K_{\text{рд}} K_{\text{тд}} K_{\text{уд}} = \left(1 - \frac{t_{\text{вн}}}{T_{\text{см}} n}\right) \left(1 - \frac{t_{\text{п}}}{T_{\text{пл}} n_1}\right) \left(1 - \frac{t_{\text{т}}}{T_{\text{тех}}}\right) \left(1 - \frac{t_{\text{у}}}{T_{\text{пл}} n_2}\right), \quad (12.2)$$

где $K_{\text{пд}}$ – коэффициент состояния производственной дисциплины; $K_{\text{рд}}$ – коэффициент состояния трудовой дисциплины; $K_{\text{тд}}$ – коэффициент состояния технологической дисциплины; $K_{\text{уд}}$ – коэффициент состояния управленческой дисциплины; $t_{\text{вн}}$ – суммарные внутрисменные потери рабочего времени, вызванные нарушениями трудового распорядка; $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены; n – число рабочих, за которыми ведется наблюдение; $t_{\text{п}}$ – суммарные целодневные потери рабочего времени, вызванные нарушениями трудового распорядка; $T_{\text{пл}}$ – плановый фонд рабочего времени одного рабочего за рассматриваемый период; n_1 – число рабочих в данном подразделении, предусмотренное планом; $t_{\text{т}}$ – суммарные потери рабочего времени, вызванные нарушениями технологической дисциплины; $T_{\text{тех}}$ – общая по данному подразделению нормированная технологическая трудоемкость работ, предусмотренная в плане; $t_{\text{у}}$ – суммарные потери рабочего времени, вызванные нарушениями управленческого распорядка; n_2 – число работающих в данном подразделении, предусмотренное планом.

При изложенном подходе количественного выражения добротности управления рабочим местом (местами) через коэффициент состояния производственной дисциплины возникает задача классификации потерь рабочего времени и с этой целью необходимость изучения опыта их учета на промыш-

ленных предприятиях и в подразделениях, особенно в связи с требованиями МОТ и Трудового кодекса Российской Федерации, а также с развитием рыночных форм организации труда на рабочих местах. Но это особая научная проблема, для разрешения которой отдельные предпосылки изложены в работе. (Управление трудом в бригаде: Справочно-методическое пособие. /Под ред. Ю.С. Перовошикова. Ижевск: Удмуртия, 1983. 220 с.).

12.3. Квалиметрические критерии анализа и проектирования рабочего места

В физике отношение количества работы ко времени, в течение которого эта работа совершается, называется мощностью и измеряется в ваттах и киловаттах. В экономике промышленного предприятия деление выпуска изделий на время работы оборудования на данном рабочем месте названо показателем производительности оборудования. (Воскресенский Б.В., Паламарчук А.С. Справочник экономиста-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1977. 37 с.; Каменицер С.Е. и др. Справочник экономиста промышленного предприятия. М.: Экономика, 1974. 326 с.).

В числе технико-экономических показателей рассматривается и производственная мощность рабочего места.

По аналогии с понятием физической мощности ($N = A/t$), предлагается производственную мощность определять как отношение изготовленной на рабочем месте продукции ко времени, в течение которого эта продукция изготавливалась на данном рабочем месте ($M = Q/t$).

Отношение производственной мощности к физической мощности в этом случае может быть названо производительностью оборудования, то есть

$$\Pi_{об} = \frac{Q/t}{A/t} = \frac{Q}{A}. \quad (12.3)$$

Разделив объем выпуска продукции (Q) на рабочем месте на трудозатраты ($T_{ж}$), которые, как было показано в предыдущей главе, можно определять как произведение времени (t) на коэффициент интенсивности труда ($K_{ит}$), получим выражение производительности живого труда ($\Pi_{т}$), то есть

$$\Pi_{т} = \frac{Q}{T_{ж}} = \frac{Q}{K_{ит} t} = \frac{Q}{K_{т} K_{с} t}. \quad (12.4)$$

Какой показатель может быть критерием управления процессом на рабочем месте? Им должен быть такой показатель, который не противоречит, а наоборот, исходит из всеобщего критерия оптимальности управления в народном хозяйстве. Таким критерием для производства, с позиций сущности внутри-

фирменного функционирования производства, как известно, является производительность труда.

Из структурной схемы рабочего места видно, что в создании продукта труда принимает участие не только живой (созидающий) труд рабочего, но и прошлый труд ($T_{\text{пр}}$) в форме предмета труда (P), станка, приспособления, инструмента, оргоснастки и энергии. Поэтому в показатель производительности труда на рабочем месте необходимо включить прошлый труд ($T_{\text{пр}}$), тогда

$$\Pi_{\text{Т}} = \frac{Q}{(T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}})}. \quad (12.5)$$

Предложенная формула по своей сущности не нова, речь идет о том, можно ли и как применять приведенную формулу для практических расчетов производительности труда на конкретных рабочих местах.

Конечно, в будущем, несомненно, как живой, так и прошлый труд будут учитывать в трудочасах. К сожалению, в настоящее время нет учета трудозатрат в разрезе изделий, но мы имеем целую сложившуюся систему расчета себестоимости продукции и даже себестоимости технологической операции. Следовательно, себестоимость (C) технологической операции есть отражение с той или иной погрешностью в каждом конкретном случае затрат живого и прошлого труда, поэтому можно считать эквивалентными следующие выражения:

$$\frac{Q}{T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}}} \Leftrightarrow \frac{Q}{3 + \sum_{i=1}^n C_i}, \quad (12.6)$$

где 3 – заработная плата рабочего, руб.; C_i – издержки на рабочем месте по i -й статье расходов, руб.; \Leftrightarrow – знак эквивалентности; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – количество выделенных для калькуляции статей расходов на данном рабочем месте.

Поскольку Q – это одно и то же в правой и левой частях, то

$$(T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}}) \Leftrightarrow \left(3 + \sum_{i=1}^n C_i \right). \quad (12.7)$$

Введем коэффициент эквивалентности

$$\mu = \frac{\left(3 + \sum_{i=1}^n C_i \right)}{(T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}})}. \quad (12.8)$$

Напишем равенство $\mu(T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}}) = \left(3 + \sum_{i=1}^n C_i \right)$.

Можно сказать, что в период между денежными реформами коэффициент эквивалентности применительно к оптовым ценам предприятий можно принять

за величину постоянную. При таком допущении производительность труда на рабочем месте определяется отношением выпущенной продукции Q и затратами живого и прошлого труда в денежном выражении.

$$П_T = \frac{Q}{\left(3 + \sum_1^n C_i\right)}. \quad (12.9)$$

Остается проблема количественного измерения продукции, выпускаемой на рабочем месте. Если на рабочем месте постоянно продолжительное время производится один вид или неизменный набор видов изделий (деталей), то объем выпуска можно измерять в штуках или комплектах деталей. Однако большинство рабочих мест являются многономенклатурными, разнономенклатурными, поэтому в практике прибегают к методам исчисления продукции через трудозатраты и издержки, выраженные в деньгах. Но, как видно из формулы, затраты не характеризуют саму сущность потребительных свойств продукции, и делить издержки производства на издержки производства бессмысленно.

Всякую продукцию, исходя из принципов квалиметрии, можно представить количественно через использование математической модели, связывающей различные параметры, признаки и свойства продукции в единый интегральный критерий качества, назовем – общий квалиметрический показатель. Следовательно,

$$Q = \sum_1^r P_i K_{q_i}, \quad (12.10)$$

где P_i – значение параметра i -го вида изготовленной на данном рабочем месте продукции; K_{q_i} – общий квалиметрический показатель i -го вида изготовленной на данном рабочем месте продукции; $i = 1, 2, 3, \dots, r$ – порядковые номера изготовленных на данном рабочем месте видов продукции.

Таким образом, формула позволяет выразить количественно **квалиметрический показатель продукции**, изготовленной на данном рабочем месте, как сумму произведений значений основного параметра видов продукции на их общий квалиметрический показатель.

Основными параметрами продукции, изготавливаемой на данном рабочем месте, могут быть величины, имеющие размерность: штука, кг, м, м², м³ и др.

Общий квалиметрический показатель количественно отражает, каким качеством обладает (чем наполнен) данный параметр изделия, то есть какие учитываемые признаки и свойства приобретает продукция при изготовлении на данном рабочем месте. Когда умножаем основной параметр на квалиметрический показатель, имеющий размерность качества – квали, тогда получается квалипараметр, например, квалиштука, кваликилограмм, квалиметр, кваликватратный метр, кваликубометр, кваликилограммометр, кваликалория и т. д.

В свою очередь, общий квалитетический показатель можно выразить как произведение частных квалитетических показателей, то есть

$$K_q = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_m = \prod_1^m K_j, \quad (12.11)$$

где K_j – квалитетический показатель j -го учитываемого признака, свойства, характеризующего качество изготовленной продукции на данном рабочем месте с одной определенной j -й стороны.

Каждый частный квалитетический показатель есть безразмерный коэффициент, отражающий измеряемую величину определенного признака, свойства, присущего данной продукции, то есть

$$K_j = \frac{f(q_i)_j}{f(q_\delta)_j}, \quad (12.12)$$

где q_i – измеренное или количественно выраженное значение j -го признака, свойства для i -го экземпляра изготовленной на данном рабочем месте продукции; q_δ – измеренное значение j -го признака, свойства для δ -го экземпляра изготовленной на данном рабочем месте продукции, принятого за базу.

Функциональные выражения в числителе и знаменателе формулы K_j имеют одинаковые размерности, поэтому значение частных квалитетических показателей становится безразмерным коэффициентом.

Вид функций выводится методами математической статистики (прикладной регрессионный и корреляционный анализ) путем соответствующей обработки собранной статистики о влиянии того или иного признака, свойства продукции на общественно необходимое (нормативное) время его изготовления на рабочем месте, то есть выявляется следующая функциональная зависимость: $t_j = \varphi(q_j) = A_j \cdot q_j^{a_j}$, и квалитетический показатель выразится

$$K_j = \frac{(A_i)_j (q_i)_j^{a_j}}{(A_\delta)_j (q_\delta)_j^{a_j}} = \left(\frac{q_j}{q_\delta} \right)^{a_j} = b_j^{a_j}, \quad (12.13)$$

так как $A_j = A_\delta = \text{const}$ для данного вида функции.

Из изложенного вытекает, что общий квалитетический показатель продукции, изготовляемой на рабочем месте, будет выражаться функцией вида

$$K_q = \prod_1^m K_j = A \cdot b_1^{a_1} \cdot b_2^{a_2} \cdot \dots \cdot b_m^{a_m}. \quad (12.14)$$

Эта функция есть не что иное, как **производственная функция**, отражающая качество продукта (его квалитетический показатель).

В экономико-математических исследованиях широко распространены мультипликативные формы производственных функций. Их преимущество со-

стоит в следующем: если один из сомножителей равен нулю, то результат обращается в нуль. Легко заметить, что это реалистично отражает тот факт, что в большинстве случаев в производстве участвуют все анализируемые первичные ресурсы и без любого из них выпуск продукции оказывается невозможным. Сомножители b_i от первого до m -го могут иметь различное содержание в зависимости от того, какие факторы оказывают влияние на общий результат (выпуск). Степенные коэффициенты показывают ту долю в приросте конечного продукта, которую вносит каждый из сомножителей. Если сумма коэффициентов составляет единицу, это означает однородность функции: она возрастает пропорционально росту количества ресурсов. Но возможен и такой случай, когда сумма коэффициентов эластичности (параметров производственной функции) больше единицы. Это показывает, что увеличение затрат приводит к непропорционально большому росту выпуска. Разработку метода производственной функции нельзя считать завершенной, исследования по его обобщению и уточнению ведутся, в частности, в направлении разработки специальных производственных функций, отвечающих конкретным условиям отдельных отраслей и предприятий, например, инженерно-квалиметрических моделей рабочего места.

По литературным источникам можно утверждать, что производственной функции для рабочего места, в смысле выше предложенного, не имеется, поэтому квалиметрический подход к исчислению объемов выпуска продукции открывает широкие возможности для экономико-математического моделирования на уровне рабочего места – первичного элемента производственных систем. Предлагаемое уравнение производственной функции рабочего места может быть вкладом в развитие теории производственных функций. Производственная функция рабочего места названа **квалиметрическим уравнением рабочего места**.

Производственные функции индивидуальных и коллективных (бригадных) рабочих мест разработаны и опробованы для опытных, экспериментальных, инструментальных цехов, занимающихся изготовлением деталей путем механической обработки резанием, для листоштамповочных, кузнечных, горячештамповочных, литейных цехов, цехов стальных фасонных профилей.

В формуле производительности труда продукцию Q теперь можно выразить количественно через ее квалиметрическое уравнение

$$\Pi_T = \frac{\sum_1^r P_i K_{q_i}}{3 + \sum_1^n C_i}. \quad (12.15)$$

Имеется определенная взаимосвязь производительной силы труда и производительности труда. Учитывая это, можно выразить применительно к рабочему месту производительную силу труда $\Pi_c = \varphi(M, \mathcal{E}, E, O, \eta)$, где M – механизированность труда на рабочем месте; \mathcal{E} – энерговооруженность труда; E –

электронная вооруженность труда; O – технологическая оснащенность рабочего места; η – уровень добротности функционирования рабочего места, зависящий от состояния управления, исходящего от вышестоящей инстанции (ΔZ) и уровня квалификации и умелости рабочего (ΔY_C).

Пользуясь методами математической статистики и выражая количественно каждый из факторов, можно получить производственную функцию, устанавливающую зависимость производительности труда от факторов, формирующих значение производительной силы труда на данном рабочем месте, то есть $\Pi_T = f(\Pi_C) = B \cdot \eta \cdot M^{\beta_1} \cdot \Xi^{\beta_2} \cdot O^{\beta_3} \cdot E^{\beta_4}$, тогда

$$\Pi_T = \frac{\sum_1^r P_i K_{q_i}}{3 + \sum_1^n C_i} = B \cdot \eta \cdot M^{\beta_1} \cdot \Xi^{\beta_2} \cdot O^{\beta_3} \cdot E^{\beta_4} \quad (12.16)$$

или

$$\frac{\sum_1^r [P_i \cdot (A \cdot b_1^{a_1} \cdot b_2^{a_2} \cdot \dots \cdot b_m^{a_m})]}{3 + \sum_1^n C_i} = B \cdot \eta \cdot M^{\beta_1} \cdot \Xi^{\beta_2} \cdot O^{\beta_3} \cdot E^{\beta_4}.$$

Это уравнение можно считать главным выводом из всего предыдущего исследования. Оно является **инженерно-квалиметрической моделью рабочего места и служит целевой функцией эргономической оптимизации рабочего места при фактической и проектной организации труда.**

В виде резюме покажем, что выведенная целевая функция есть лишь конкретное выражение общественной целевой функции применительно к рабочему месту.

1. Квалиметрически исчисленный объем продукции

$$Q = \sum_1^r P_i (A \cdot b_1^{a_1} \cdot b_2^{a_2} \cdot \dots \cdot b_m^{a_m}). \quad (12.17)$$

2. Издержки (затраты) живого и прошлого труда

$$T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}} = \mu (3 + \sum_1^n C_i). \quad (12.18)$$

3. Ресурсы производства (производительная сила труда)

$$\Pi_C = B \cdot \eta \cdot M^{\beta_1} \cdot \Xi^{\beta_2} \cdot O^{\beta_3} \cdot E^{\beta_4}. \quad (12.19)$$

4. Добротность (эффективность) управления производством

$$\eta = f(\Delta Z, \Delta Y_C) = K_{\text{рд}} K_{\text{тд}} K_{\text{уд}}. \quad (12.20)$$

Рассмотрение этих показателей в комплексе приводит к выражению за-

висимости выпуска продукции от ресурсов и добротности управления в общественной системе, то есть

$$Q = \eta \Pi_c(T_{\text{ж}} + T_{\text{пр}}). \quad (12.21)$$

При нулевой добротности управления ($\eta = 0$) продукция равна нулю. При $\Pi_c = 0$ также $Q = 0$, то есть без ресурсов нет выпуска продукции и, причем, из производственной функции ресурсов видно, что достаточно отсутствие одного какого-либо ресурса (один вид ресурса равен нулю), как все значение ресурсов становится равным нулю. **Налицо должны быть все необходимые ресурсы!** Если затраты живого труда ($T_{\text{ж}}$) равны нулю, то производство функционирует только за счет издержек прошлого труда, что означает полную автоматизацию рабочего места. В случае отсутствия издержек прошлого труда ($T_{\text{пр}}$) продукция выпускается только живым трудом – полностью ручной труд.

12.4. Рабочее место как производственный потенциал

О соотношении понятий «трудовые ресурсы» и «рабочая сила». В общественной системе социально-трудовые отношения многими рассматриваются с позиций отражения в них показателей: **трудовые ресурсы и трудовой потенциал.**

В общепринятой литературе даются различные определения этих категорий, которые не позволяют дать содержательную характеристику, подразделяющую их (эти категории) как самостоятельные.

Наиболее известные толкования трудовых ресурсов можно представить в направлениях:

1. Трудовые ресурсы – это население, представляющее потенциальную массу живого труда.

Однако не всякая потенциальная масса живого труда является основной характеристикой трудовых ресурсов.

2. Трудовые ресурсы как население в трудоспособном возрасте.

Говоря о трудоспособном населении, возникает вопрос определения трудоспособности.

Таким образом, трудоспособное население можно охарактеризовать как часть населения, которая, во-первых, сознательно выступает на рынке рабочей силы и хочет работать по найму, во-вторых, выбирает свой способ существования и получения доходов.

3. Трудовые ресурсы как носитель рабочей силы.

Термин «рабочая сила» отражает способность человека к труду и возможность использовать ее в соответствии со своим социальным положением.

В различных публикациях дается несколько толкований понятия «рабочая

сила», так как в России и за рубежом в литературе широко используется это понятие. Иногда под ним подразумеваются и реальные и потенциальные работники, то есть практически те же «трудовые ресурсы». Нередко это понятие используется в узком смысле как общее число работников, а чаще как численность персонала какой-либо отрасли народного хозяйства, представляя, таким образом, совокупную рабочую силу.

Рабочая сила – как экономическая категория, выражающая способность к труду, то есть качественный признак, но лишена количественных демографических признаков. Категория «трудовые ресурсы» определяется как качественными характеристиками (наличие трудоспособности), так и количественными характеристиками (демографический признак, численность, ее распределение по различным районам). Использование этого термина не исключает применение другого. Трудовые ресурсы выступают как производитель продукции и в то же время как потребитель ее. В качестве главной производительной силы они являются средством социально-экономического развития, а в качестве части народонаселения – целью этого развития. Благодаря тому, что труд является общественной деятельностью, а в процессе производства участвует много людей, функционирование рабочей силы приобретает специфический, коллективный характер. В этом случае рабочая сила выступает как совокупность способности к труду общества в целом. Эта способность воплощается в трудоспособном населении страны, в ее трудовых ресурсах.

Из различных литературных источников известно, что трудовые ресурсы как планово-учетный показатель – это численность населения, занятого в общественном хозяйстве, а также незанятого в нем трудоспособного населения рабочего возраста. Такой учет имеет важное значение при разработке балансов трудовых ресурсов, так как характеризует активную и пассивную часть трудовых ресурсов, но не оценивает их качественные показатели.

Из приведенного анализа мнений видно, что **трудовые ресурсы следует рассматривать в трех аспектах, а именно:**

- как научное понятие;
- как социально-экономическую категорию;
- как показатель практического социального менеджмента.

В качестве научного понятия трудовые ресурсы составляют часть науки экономики труда и, следовательно, его можно сформулировать так.

Трудовые ресурсы – это научное понятие, относящееся к области экономики труда, которое отражает качественное и количественное (квалиметрическое) состояние рабочей силы определенного социально-территориального образования.

В более широком философском и социально-экономическом понимании: трудовые ресурсы – это экономическая категория, отражающая квалиметрическое состояние активной части производительных сил труда общества.

Если рассматривать трудовые ресурсы в системе практического эконо-

мического менеджмента, то следует обратиться к понятию «показатель», который должен быть выражен количественно. С этих позиций приемлемым будет определение: трудовые ресурсы – это количественный показатель персонального квалитетического состояния трудящихся определенного социально-территориального образования.

В настоящее время возрастает влияние трудовых ресурсов на социально-экономическое развитие страны в целом и отдельных территорий. Общие закономерности использования трудовых ресурсов одинаковы на любой территории. Своеобразна лишь форма их проявления в зависимости от целого ряда конкретных для каждой территории социальных, экономических и демографических факторов.

Трудовой потенциал – рабочее место. Во второй половине 70-х годов XX века в экономической литературе появляется и получает широкое распространение термин «трудовой потенциал».

Итак, состояние активной части населения определяется потенциальными возможностями трудящихся. С одной стороны, понятия «использование трудовых ресурсов» и «трудовой потенциал» тесно взаимосвязаны, а с другой стороны, «трудовой потенциал» и «трудовые ресурсы» – понятия нетождественные. Этим объясняется необходимость использования понятия «трудовой потенциал».

«Потенциал (от лат. potential – сила, мощь) – совокупность имеющихся средств, возможностей». (Большой экономический словарь. /Под ред. А.Н. Азрилияна. М.: Институт новой экономики, 1999. 826 с.). Здесь же дается трактовка трудового потенциала: «возможное количество и качество труда, которым располагает общество (трудовой коллектив) при данном уровне развития науки и техники. Это часть производственного потенциала. Производственный же потенциал – это: 1) реальный объем продукции, который возможно произвести при полном использовании имеющихся ресурсов; 2) имеющиеся и потенциальные возможности производства, наличие факторов производства, обеспеченность его определяющими видами ресурсов». (Там же. С.705).

Из изложенного следует, что **трудовой потенциал** является не характеристикой трудовых ресурсов, а относится к **критериям рабочих мест** как к производственному месту, где реально функционирует трудовой ресурс. Имея на вооружении такую единицу измерения, возможно оценить отношение трудовых ресурсов к трудовому потенциалу и, следовательно, прогнозировать трудовые ресурсы в сопоставлении с трудовым потенциалом предприятий и реально рассматривать социально-трудовые отношения в региональном аспекте.

Индивидуальная личность, обладающая способностью трудиться, то есть имеющая свой трудовой ресурс, идет, строго говоря, не на предприятие, а на конкретное рабочее место. Там личность практически осуществляет процесс

труда, проявляет себя как ресурсный субъект труда. На рабочем месте субъект труда проявляет свои личностные качества и по результатам своего проявления как работника получает оценку в соответствии с нормативами государства, одобренными профсоюзами и принимаемыми в оценочной практике работодателями. Так совершается практическая реализация социального партнерства в первичном элементе производственного процесса, являющегося собственностью работодателя. **Все рабочие места рассматриваются безотносительно к работнику (токаря Ивану, швее Петровой, инженеру Сидорову, менеджеру Николаеву и т. д.), они принадлежат работодателю. Он выставляет их (рабочие места) на рынке рабочей силы и предлагает полную технологическую, организационную, психофизиологическую, информационно-энергетическую, профессионально-квалификационную, социально-оплатную характеристику для населения, ищущего рабочие места для реализации своих трудовых ресурсов.**

Следовательно, рабочие места работодателя обладают определенным для него необходимым трудовым потенциалом. Этот трудовой потенциал должен быть задействован, оживлен трудовым ресурсом работников. Короче говоря, на рабочем месте произойдет трудовой процесс, в ходе которого:

- а) реализуется трудовой потенциал работодателя;
- б) произойдет расходование трудового ресурса работника;
- в) появится продукт труда (вещественный, информационно-энергетический);
- г) будет дана оценка работодателем купленному трудовому ресурсу (рабочей силе) работополучателя;
- д) будут рассчитаны комплексные показатели продуктивности, производительности, прибыльности, конкурентоспособности комплекса функционирования рабочих мест;
- е) будет выставлена на рынок рабочей силы новая порция расширения или сокращения трудового потенциала работодателя.

В настоящее время широкое развитие получает государственная система аттестации и сертификации рабочих мест, поэтому четкое разграничение самих дефиниций «трудовые ресурсы», «трудовой потенциал», «рабочее место», «процесс труда» приобретает исключительно важное теоретическое и практическое значение для выстраивания социально-трудовых отношений между социальными партнерами: государство-работодатель (объединение работодателей)-работник (работополучатель)-профсоюзы (объединения работников).

Как видно из изложенного, необходима четкая позиция:

- трудовые ресурсы – это ресурсы работника;
- трудовой потенциал – это возможные (необходимые) эргономические требования работодателя к трудовым ресурсам;
- рабочее место – производственное пространство, где реализуется тру-

довой ресурс работника и трудовой потенциал работодателя.

Ранее было сформулировано определение понятия «трудовые ресурсы» в трех аспектах, а именно: как научное понятие, как социально-экономическая категория и как показатель практического производственного и социального менеджмента. По аналогии с трудовыми ресурсами понятие «трудовой потенциал» определяется в трех аспектах следующим образом:

1) трудовой потенциал – это научное понятие, относящееся к области экономики труда, отражающее эргономический потенциал, которым располагает организация, осуществляющая трудовую деятельность;

2) трудовой потенциал – это социально-экономическая категория, определяющая эргономическое состояние рабочих мест организаций с учетом профессиональной специализации;

3) как показатель практического менеджмента трудовой потенциал – это количество рабочих мест организации, информационно-эргономически подтверждаемое паспортами рабочих мест.

Приведенные определения показывают трудовые ресурсы со стороны определенного социально-территориального образования (село, город, область, республика, федерация), а трудовой потенциал со стороны уровня развития организации, то есть наличия рабочих мест. С позиций требований МОТ и Трудового кодекса РФ возникают серьезные задачи по информационному обеспечению эргономического состояния трудового потенциала организаций.

В реальной действительности соединение трудовых ресурсов (рабочей силы работника) с трудовым потенциалом (оживлением рабочих мест) составляет систему функционирования определенной совокупности рабочих мест по технологической логике создания продукции, **обладающей стоимостью и добротностью.**

12.5. Эргономические принципы, методы и содержание проектирования рабочих мест

В самом общем виде проектирование рабочего места представляет собой построение его информационной модели, включающей в себя как пространственное расположение взаимовлияющих элементов (компоновку), так и совершаемые трудовые процессы. При этом сам процесс проектирования включает в себя три основополагающие процедуры:

– построение пространственно-энерго-информационной модели компоновки рабочего места;

– формирование совокупности единичных процессов труда для получения всего набора результатов труда, предусматриваемого целевой функцией рабочего места – производством конечного продукта;

– согласование двух вышеуказанных моделей, то есть выработка адек-

ватности множества показателей единичных процессов труда множеству стационарных эргономических требований, предъявляемых к оборудованию, оснастке, инструментам и производственной средой.

Третья операция представляет собой конечный продукт проектирования – обобщающую инженерно-квалиметрическую модель рабочего места, реально выражаемую в виде комплекта чертежей и математической модели интегрального показателя его качества, **описываемого системой взаимосвязанных квалиметрических показателей. Эта математическая модель должна послужить основой последующих эргономических расчетов.**

Проектирование рабочих мест может осуществляться как для уже эксплуатируемых рабочих мест, так и для вновь создаваемых; и в том и в другом случае должно подразумеваться достижение оптимальной организации труда, включающей в себя отработку параметров конструкции рабочего места, рациональных единичных процессов труда и построение высокоэффективных режимов труда и отдыха.

В таком контексте целесообразно выделить следующие этапы проектирования рабочего места:

1) исходя из целевой функции рассматриваемого рабочего места, формируется перечень технологических операций, которые либо уже реализуются на нем, либо будут вновь создаваться;

2) определяется качественный состав элементов единичных процессов труда, их последовательность и связи между ними;

3) рассматривается соответствие структуры и других параметров технологических операций существующим эргономическим нормативам конструкции рабочего места и нормативам рабочей нагрузки;

4) определяется квалиметрический показатель рабочего места, характеризующий его эргономичность;

5) комбинированием различных показателей качества добиваются его максимального значения (оптимизация функционирования рабочего места);

6) результат решения задачи оптимизации целевой функции рабочего места принимается в виде его проекта;

7) разрабатываются и совершаются действия по достижению максимальной эффективности технологических операций на рабочем месте для эксплуатируемых рабочих мест или формируются новые рабочие места на основе подготовленного проекта.

Основные принципы эргономического проектирования рабочих мест

Анализ ряда исследовательских работ в области методологии эргономического проектирования (Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М.: Мир, 1968. 483 с.;

Зинченко В.П., Мунипов В.П. Основы эргономики. М.: МГУ, 1979. 344 с.; Инженерная психология: теория, методология, практическое применение /Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Наука, 1974. 304 с.; Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. М.: ЛОГОС, 2001. 356 с.) позволяет говорить о двух группах принципов построения СЧТС – рабочих мест: общих принципах и конкретных принципах, непосредственно связанных с работой человека-оператора.

К числу **общих принципов** эргономического проектирования рабочих мест следует отнести принципы:

1) системной эргономичности, которая выражается в том, что эргономическое проектирование должно быть нацелено на достижение наивысших показателей эффективности рабочих мест при одновременном соблюдении допустимых или оптимальных условий деятельности человека по социальным, психологическим, физиологическим и медико-гигиеническим критериям;

2) адекватной эргономичности, состоящей в том, что при изменении характера труда по мере развития и совершенствования информационно-программно-технических средств рабочих мест эргономические требования должны пересматриваться в направлении их улучшения от допустимых к оптимальным;

3) научной эргономичности, заключающейся в том, что вопросы эргономического проектирования должны решаться на основе объективных качественных и количественных оценок, получаемых на начальных стадиях эргономического проектирования путем расчетно-аналитических, модельных и экспертных оценок, проверяемых опытно-экспериментальным путем на последующих стадиях;

4) информационной эргономичности рабочих мест, требующей, чтобы информация об объекте, обслуживаемом на данном рабочем месте (речь идет, прежде всего, о пультах управления, станках с числовым программным управлением, ПЭВМ), не только была полной, достоверной, актуальной, то есть соответствовала истинному состоянию объекта, но и представлялась в удобном виде для принятия решения исполнителем работы;

5) программно-интеллектуальной эргономичности, обеспечивающей устойчивую тенденцию разумного освобождения человека от рутинных функций, то есть монотонных, утомительных, нетворческих операций и создании условий для максимальной реализации творческого ресурса человека.

Эти общие принципы в совокупности представляют основу концепции эргономического проектирования рабочих мест.

Конкретные принципы непосредственно связаны с работой человека-оператора. К ним следует отнести:

1. Принцип соответствия функций человека и машины на рабочем месте.

Включает соблюдение двух условий: сродство однопорядковых элементов, а также общность свойств элементов и свойств системы.

2. Эволюционный принцип. Выражается в том, что организация рабочего места представляет собой непрерывный процесс становления и развития производственных функций, в котором система приобретает все новые свойства и все больше свойств становятся функциями рабочего места – СЧТС. Наиболее ярко этот принцип проявляется в период обучения и тренировки оператора.

3. Принцип сосредоточения функций. Он проявляется в организации информационного процесса и в звене «человек-оператор», и в целом на рабочем месте. Этот принцип отражает иерархию процесса, зависимость осуществления функций более высокого уровня от реализации функций менее общего уровня.

4. Принцип функциональной лабильности рабочего места. Отражает высокую подвижность элементов рабочего места и всей СЧТС, высокую приспособляемость к изменению информационного взаимодействия человека со своим окружением на рабочем месте, например, при нахождении оператором новых способов решения оперативных задач получения конечного продукта.

5. Стабилизационно-функциональный принцип. Этот принцип заключается в том, что свойства информационной модели рабочего места выступают в качестве функций, реализация которых упорядочена во времени и пространстве, то есть выполнение ряда производственных функций носит относительно стабильный, стационарный, константный характер.

6. Компенсаторный принцип. Обуславливает возможность передачи вышедших из строя функций технических устройств и элементов рабочего места, неспособных к восстановлению, человеку.

7. Принцип активизации информационных функций. Он означает, что на рабочем месте активизация информационных функций осуществляется за счет введения исполнителем работы определенных программ в информационный процесс технической подсистемы.

Комплекс методов эргономического проектирования рабочих мест

Комплекс методического инструментария, используемого в эргономическом нормировании труда как основной части эргономического проектирования рабочих мест, весьма обширен и разрабатывается, как указывалось ранее, в рамках профессиографии – отрасли знаний, занимающейся описанием трудовой деятельности (профессий) с точки зрения требований, предъявляемых ими к субъекту труда – человеку.

Профессиографические методы различаются по ряду признаков, из которых существенными являются следующие:

- установление соотношений между требованиями профессии и способностями человека;
- оценка возможного успеха в той или иной профессиональной дея-

тельности, исходя из свойств человеческой личности;

- целевая направленность на отбор или профессиональную ориентацию, на компоновку рабочего места;

- преимущественное использование знаний из одной или нескольких отраслей науки о человеке (антропометрии или биомеханики, психологии труда и эргономики, психологии способностей, психологии личности и дифференциальной психологии и т.д.);

- использование специфического математического аппарата;

- преимущественно феноменологический подход (от анализа конкретной деятельности к построению моделей) или, наоборот, абстрактно-логический подход (от построения моделей к синтезу конкретной деятельности);

- возможность использования результатов для применения других профессиографических методов. По комбинациям этих признаков профессиографические методы можно классифицировать так, как показано на рисунке 12.2. (Ломов Б.Ф., Николаев В.И., Рубахин В.Ф. Некоторые вопросы применения математики в психологии. Хрестоматия по инженерной психологии. /Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991. 287 с. С.65-89).

Основное назначение **предметно-функциональных методов** – оптимизация (в широком смысле) рабочих действий с предметами и орудиями труда, а также рабочих функций (наблюдение, контроль и т.п.). Основываясь на требованиях профессии, при описании этих методов используют терминологию и фактический материал большинства психологических и смежных им наук, математический аппарат теории исследования операций, а в последнее время – теории графов и матриц.

Операционно-логические методы имеют целью анализ и синтез структуры деятельности на основе языковых средств технической кибернетики, вероятностной логики и теории алгоритмов, теории вероятностей, теории информации, массового обслуживания и исследования операций, теории графов и матриц.

Назначение **соматографических методов** – это оптимизация рабочей позы, а также компоновки рабочих мест. Языковые средства обеспечиваются биомеханикой, антропометрией и техническим черчением.

Построение модели эргономического проектирования рабочих мест

Ранее уже утверждалось, что центральным звеном эргономического проектирования рабочих мест является проектирование единичных процессов труда, в которых отражаются все виды нагрузки на рабочем месте (рабочей нагрузки). В этой связи здесь излагается собственная точка зрения на формирование общей информационной модели рабочего места с главным акцентом на субъекте труда – человеке.

От процессов труда (профессий)

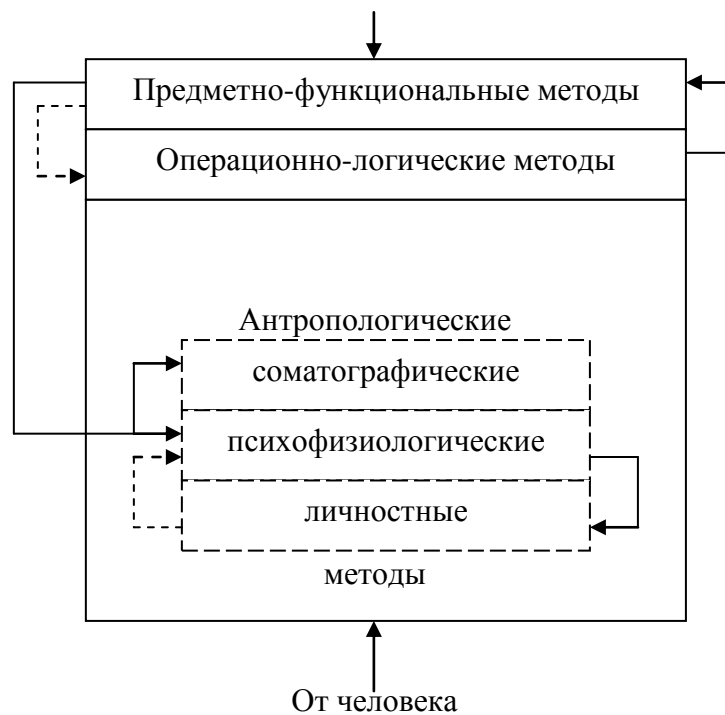


Рисунок 12.2 – Классификация методов профессиографии
(по Б.Ф.Ломову, В.И. Николаеву и В.Ф. Рубахину)

Рассмотрим первично общую схему системы взаимосвязей элементов рабочего места СЧТС (системы «человек-техника-производственная среда»), представленную на рисунке 12.3.

Из этой структуры видно, что «ядром» эргономического анализа и оценки рабочего места является единичный процесс труда, в котором отражаются два множества показателей, его формирующих и представленных двумя группами: комплексом внешних по отношению к человеку параметров – показателей рабочей нагрузки и системой показателей, связанных с исполнителем работы, выступающей в виде генерализованной ответной реакции организма.

Параметры рабочей нагрузки состоят из показателей:

- предмет труда (его масса, линейные размеры, уровень шероховатости и т. п.);
- средства труда (расположение средств отображения информации – СОИ, а также органов управления – ОУ, размеры оборудования, инструмента, степень их опасности для организма человека и др.);
- производственной среды, куда в свою очередь следует включить две подгруппы критериев:

а) санитарно-гигиенические условия труда, характеризующие наличие опасных и вредных производственных факторов;

б) социально-психологические условия труда, включающие в себя определенный уровень личных взаимоотношений в функционирующем трудовом коллективе.

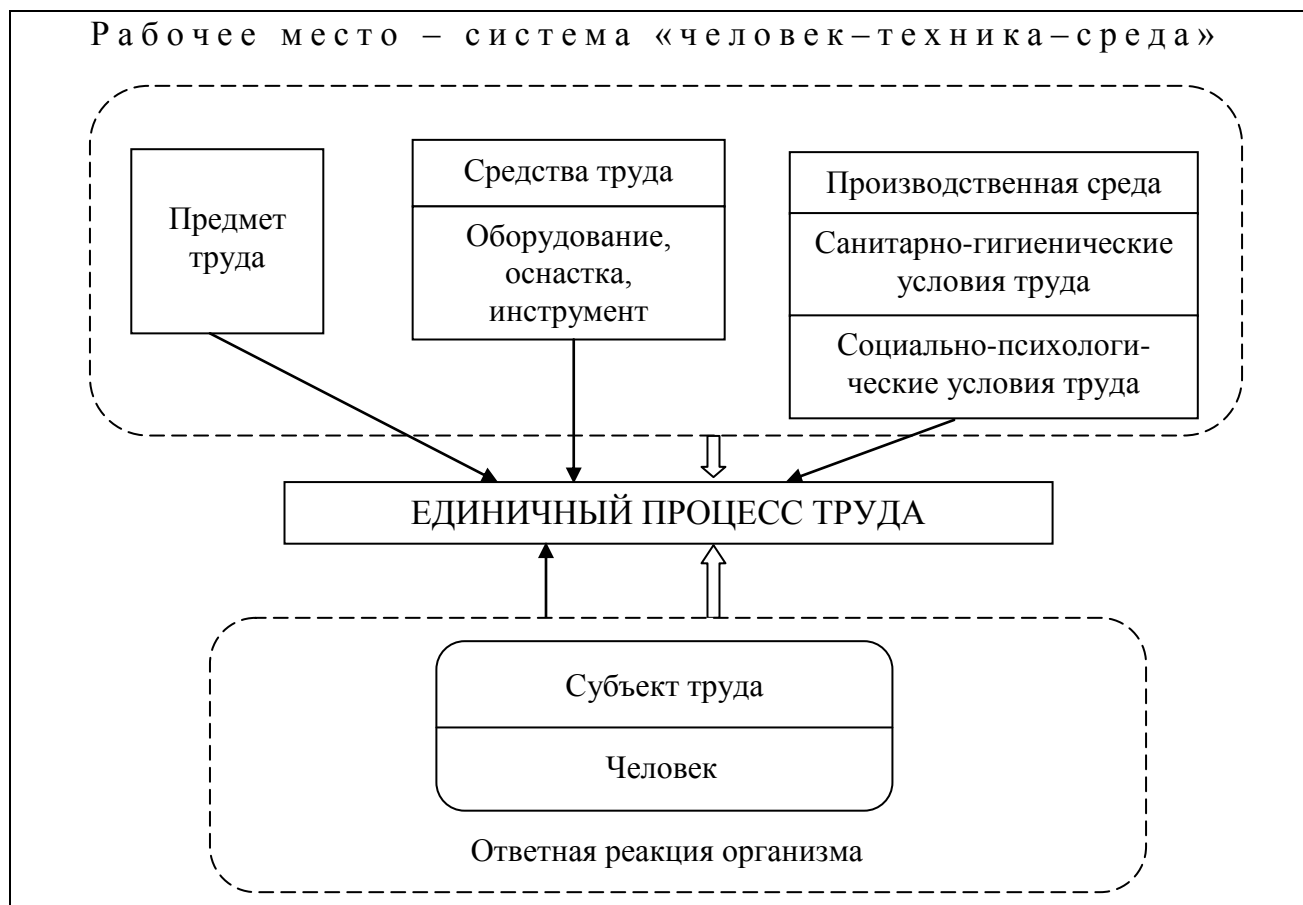


Рисунок 12.3 – Структурная схема системы взаимоотношений элементов, составляющих рабочее место

Если рассматривать рабочую нагрузку с точки зрения ее действия на человека-оператора, то есть исполнителя работы, то ее можно разделить на четыре основных вида:

1. Физическая нагрузка.
2. Информационная нагрузка.
3. Эмоциональная нагрузка.
4. Средовая нагрузка.

Эти виды нагрузок формируют совокупную ответную реакцию человека в виде напряженности его организма, которую условно можно разделить на физическую и интеллектуальную (информационную). Условность подобной классификации обусловлена тем, что энергоинформационные процессы субъекта труда при выполнении им производственных функций непрерывны во времени и пространстве. Поэтому такое разделение носит относительный характер и используется исследователями как необходимый методологический инструмент для более тонкого квалитетического анализа внутреннего содержания единичных процессов труда.

Совокупность эргономических показателей конструкции рабочего места и показателей единичных процессов труда формируют обобщающий, комплексный

эргономический показатель рабочего места, который иначе можно назвать **квалиметрическим показателем эргономики рабочего места**.

Множества единичных, групповых и системных эргономических показателей определяют энергетический и информационный обмен организма человека на рабочем месте, которые в свою очередь генерируют разнообразные его психофизиологические состояния, а они в конечном итоге и формируют уровень его трудовых ресурсов и определяют индивидуальную работоспособность.

Следовательно, тяжесть и сложность процессов труда выводят на понятие «трудоспособность» организма человека в процессе труда, а значит сама работоспособность есть первичный объект эргономического анализа и оценки рабочего места – эргономического анализа единичного процесса труда. Затем содержание понятия «работоспособность», когда она рассматривается как предельная величина, выводит на понятие «трудовой ресурс», а при реализации физической работоспособности в виде тяжести и интеллектуальной сложности трудового процесса выступает как область трудозатрат и далее переходит к понятию «производительность живого труда».

12.6. Классификация и паспортизация рабочих мест

Классифицировать, значит распределять предметы, явления, понятия по общности признаков объединения. Применительно к рабочим местам общность признаков вытекает из самого определения как «производственного пространства... для осуществления единичных процессов труда в соответствии с целевой функцией получения продукта труда». Следовательно, прежде всего выделяются основания классификации: пространство, целевая функция процесса труда, результат процесса – продукт труда.

Разнообразие классификационных методик, возникавших и применявшихся в советский и современный периоды проектирования и управления проектами нашло обобщение в предложениях Д.В. Петрова, помещенных в учебнике «Экономика труда» (С.-Петербург: Издательский дом «Питер». 2003. С.509).

Классификация в общественных науках (экономическая теория, отраслевые экономики, менеджмент в промышленности и исходящие из них прикладные методы) не выдержаны в изложенных строгих правилах. Здесь также более важен, чем в естественных науках, исторический подход к научно-практическому наследию: постоянное пересечение, изменение, возникновение и отмирание классов, их критериев в объединениях и разъединениях, развитие самих классифицируемых явлений.

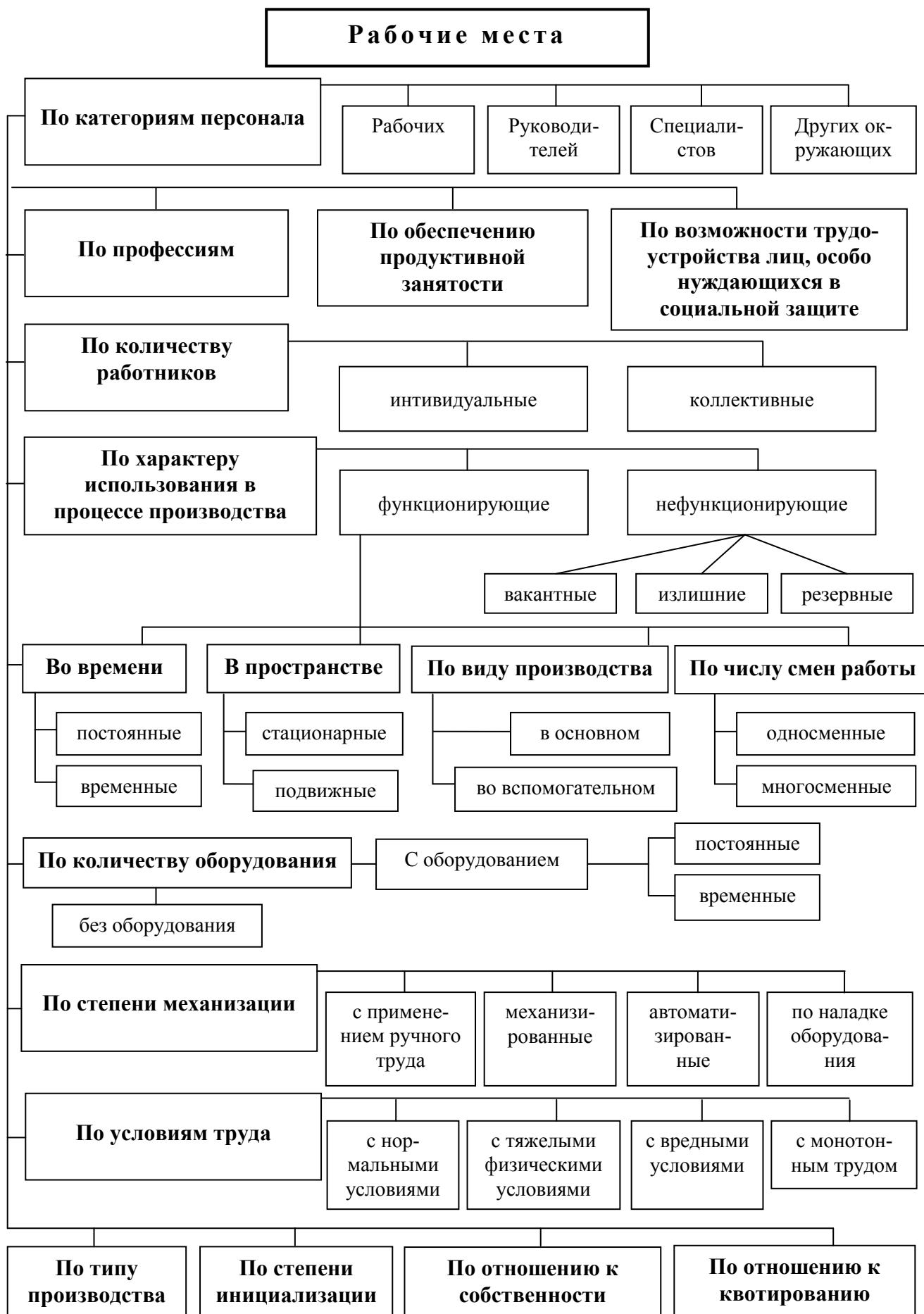


Рисунок 12.4 – Классификация рабочих мест

Приведенная (рисунок 12.4) структурная схема «Классификация рабочих мест» охватывает множество факторов, которые, как в отдельности, так и обобщенно, могут быть приняты в качестве **основания** (критерия) классификации определенных общностей рабочих мест.

Классификация рабочих мест, действующих в трудовой деятельности человечества на суше, в подземелье, на воде, под водой, в воздухе, в космосе, в менеджментском офисе может быть осуществлена только на основе всей систематики квалиметрии, фундаментально взаимосвязанной с теорией и практикой метрологии и ее отражением в Международной системе единиц (СИ).

Паспорт – слово французское, в русском языке – удостоверение, то есть документ, в котором с помощью слов и знаковых систем удостоверяется существование (существовавшее) личности или материально-вещественного предмета. Применительно к производственной системе паспорт – документ, содержащий основные сведения о предприятии, здании, технологической установке, элементе оборудования, транспортном средстве, электробытовом приборе и т.п. (Словарь иностранных слов).

Понятие рабочее место, характеризуемое как производственное пространство, в котором размещены средства труда, предмет труда и субъект труда, для задач проектировщика в информационном аспекте есть его объект конструирования, расчетов, описания и представления как продукт своего труда в форме «Паспорта рабочего места». Следовательно, первичным техническим заданием в системе проектной деятельности является задача – создание проекта паспорта рабочего места как конструкторско-технологического документа, с информационной полнотой характеризующего условия для выполнения процессов труда. Если учесть, что каждый отдельно взятый объект (вещественный, энергетический, электронный, информационный, интеллектуальный), составляющий часть со своим паспортом, то паспорт рабочего места целесообразная совокупность паспортов. Завершенный проектированием «Паспорт рабочего места», являющийся документом, содержащим полноту всех факторов, становится информационной моделью для проектирования всех единичных процессов труда для получения определенных продуктов труда. В машиностроительной промышленности – это детали машин.

Методы проектирования решений в области управления производством на государственном уровне начали разрабатывать в Российской Федерации (СССР) с 20-х годов XX века. Среди них особо выделяется период, когда была предложена концепция «Основные законы научной организации производства и НОТ». В ней сформулированы методические принципы, названные: 1) закон наименьших при цепной связи; 2) закон взаимного замыкания; 3) закон ритма; 4) закон параллельности и последовательности работ; 5) закон фронта работ;

б) закон реальных условий. Перечисленные направления явились результатом деятельности отечественных исследователей, таких как А.А. Богданов (Малиновский), А.К. Гастев, О.А. Ерманский, Е.Ф. Розмирович, П.М. Керженцев (Лебедев), Н.А. Витте, Ф.Р. Дунаевский, В.М. Иоффе и большая когорта советских НОТ-овцев.

По отношению к проектированию и аттестации рабочих мест особый методический подход был предложен А.К. Гастевым (1882-1939). Пафосное изложение своей теории рабочего места пронизано его деятельностью по организации Центрального института труда в последующем НИИ труда. Публицистическая книга «Как надо работать» (1921 г.), комплекс научно-практических исследований по рациональной организации и культуре труда – все это прелюдия к экономике рабочего места, то есть к наноэкономике как первичной ступени в социально-производственной системе трансформаций вещества, энергии, информации в жизнедеятельности отдельного «физического лица» и глобального «юридического лица». Приведем подход А.К. Гастева к понятию рабочего места, в котором он отметил следующее:

«Выше мы говорили, что станок является самым лучшим

прообразом предприятия;

отсюда – рабочий, который управляет станком, есть **директор предприятия** (подч. Ю.П.), которое известно под именем станка (машины-орудия). Упрощенная схема машины-орудия как предприятия дана на рисунке 12.5.

СКОРОСТНОЙ ОТДЕЛ	ОБРАБОТОЧНО-УСТАНОВОЧНЫЙ ОТДЕЛ
	УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АППАРАТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ	ДИРЕКЦИЯ СТАНКА

Рисунок 12.5 – Схема станка как предприятия

Мы видим, что весь объем функций, которые приходится осуществлять на токарном станке, разделяется на следующие пять резко выраженных отделов: дирекция станка, в лице самого рабочего; управляющего аппарата – в виде фартука с рычагами и маховичками; обработочно-установочного отдела, представленного главным образом центрами и вспомогательными приспособлениями; скоростного отдела с различными приборами и шестернями, и, наконец, энергетического отдела, который представлен моторами. В примитивных стан-

ках, работающих без механической силы, таким энергетическим отделом является сам директор станка – рабочий. В этой схеме мы нарочно подменили термин «зона» термином «отдел», чтобы резче фиксировать аналогию станка с предприятием.

Один из разработчиков современного производственного менеджмента доктор экономических наук, профессор М.В. Макаренко отмечает: «Гастев и его коллеги – сотрудники НИИ труда разработали концепцию трудовых установок, которая в зародыше содержала основы кибернетики, инженерной психологии, эргономики и пр.». (Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент. Учебное пособие для вузов. М.: Приор. 1998. С.48. 384 с.). Дальнейшее развитие идей А.К. Гастева оформилось в общепризнанное направление «Нормирование и научная организация труда», в котором разработаны и обобщены в системной взаимосвязи директивные, инструктивные и методические рекомендации и нормативы для проектного управления планированием и внедрением принципов НОТ, расчетами и оптимизацией норм труда и проектированием рабочих мест и их комплексов в системе производства.

Применительно к проектированию рабочих мест утвердились следующие разделы:

I. Организация рабочего места. Виды рабочих мест, основные задачи их организации. Основные антропометрические показатели, учитываемые при проектировании и организации рабочего места. Планировка рабочих мест. Эстетические требования к рабочему месту. Анализ планировки рабочего места.

II. Оснащение рабочего места. Организационное оснащение рабочего места. Технологическое оснащение рабочего места. Анализ технологических операций, выполняемых на рабочем месте.

III. Обслуживание рабочих мест. Функции и формы обслуживания рабочих мест. Анализ системы обслуживания. Проектирование организации обслуживания рабочих мест. Показатели уровня организации обслуживания.

IV. Производственные запасы на рабочем месте. Расчет потребности текущих запасов для рабочего места. Расчет потребности страховых запасов для рабочего места. Анализ эффективности использования материалов на рабочем месте.

V. Энергетические источники функционирования рабочего места. Электроэнергетическое питание рабочего места. Смазочно-охлаждающие источники рабочего места. Паровоздушные источники рабочего места. Электронно-контрольные источники рабочего места. Совокупность расчетных значений величин энергетических источников.

VI. Типовые проекты организации рабочих мест. Структура типового паспорта рабочего места. Показатели, количественно характеризующие типовые проекты по всем разделам (I, II, III, IV, V) организации и обслуживания рабочих мест.

VII. Производственная мощность рабочего места. Основной и дополнительные показатели мощности рабочего места. Алгоритм расчета производственной мощности рабочего места во взаимосвязи с методом расчета производственной мощности производственного подразделения (участка, цеха), выпускающего конечную продукцию. Перечень показателей в паспорте рабочего места, необходимых для определения его производственной мощности.

Изложенные разделы концепции НОТ явились ведущим замыслом для инженерно-квалиметрического анализа производственных систем и его первичного звена рабочего места. Исследовательская «нить» НОТ прервалась в период политико-экономической реконструкции СССР. Но объективный энтузиазм отдельных исследователей продолжал и продолжает развивать идеи НОТ на современном этапе жизни в обществе. Примером этому являются результаты изучения методов управления (менеджмента) и их отражение в системе Национальных стандартов Российской Федерации ГОСТ Р 56020-2014 Бережливое производство и применительно к концепции «Рабочее место ГОСТ Р 56906-2016 Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S)». В стандарте определены термины и их определения: организация рабочего пространства, рабочее место и рабочее пространство.

Рабочее пространство (Workspace) – это часть территории, где осуществляется трудовая деятельность. К части территории могут относиться: корпуса, здания, сооружения, помещения, участки, площадки и т.д.

Рабочее место (Workplace) – это часть пространства, оснащенная необходимыми техническими средствами, в котором совершается трудовая деятельность.

Суть бережливости (Thrift, economy) в производственном пространстве (Workspace organization) определяется пятью (5S) принципами, а именно: 1) улучшение условий труда (повышение уровня техники безопасности, чистота и эргономика рабочего пространства и т.п.; 2) повышение уровня вовлеченности персонала в процесс улучшения рабочего пространства; 3) повышение качества производимой продукции; 4) повышение производительности труда; 5) поиск и сокращение всех видов потерь, связанных с организацией рабочего места и рабочего пространства в целом.

В стандарте предусмотрены требования к применению метода 5S, который должен состоять из 5 шагов по организации и поддержанию порядка на рабочих местах, начиная от поиска источников беспорядка до внедрения системы постоянного совершенствования рабочего пространства. Какие **шаги** стандартизуются?

Шаг 1: сортировка; шаг 2: самоорганизация (соблюдение порядка); шаг 3: систематическая уборка (содержание в чистоте); шаг 4: стандартизация; шаг 5: совершенствование.

Применительно к инженерно-квалиметрическому анализу и проектированию очередность шагов бережливости следовало бы начинать со стандартизации.

12.7. Аттестация рабочих мест

Рабочие места, являющиеся неотъемлемой частью рабочего пространства, составляют совокупную систему объектов технического, экономического, эргономического, социологического анализа, в целом – квалиметрического анализа и управления развитием организации. Схема основных этапов проведения работ по учету и аттестации рабочих мест предложена Д.В. Петровым (рисунок 12.6). (Экономика труда. С.-Петербург: Питер. 2003. 656 с. С.552).

Аттестация рабочих мест – это совокупность мероприятий, включающих определение фактического состояния рабочих мест, установление степени их соответствия типовым проектам и нормативным требованиям, проведение технико-экономического анализа и выработку решений о дальнейшем использовании рабочих мест, определение основных направлений их использования.

Основными документами для аттестации отдельно взятого рабочего места является, например, его «Паспорт рабочего места № ... Механическая обработка материалов резанием». Каждое рабочее место комплексно аттестуется по трем уровням:

- 1) технико-технологическому;
- 2) организационно-экономическому;
- 3) условиям труда и техники безопасности.

При аттестации состояния рабочих мест по трем уровням используют соответствующие группы показателей, которые формирует сама организация, исходя из технических регламентов, стандартов и соответствующих законодательных нормативов. (Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденное постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 14 марта 1997 г. Методика проведения специальной оценки условий труда – Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 24 января 2014 г. № 33Н).

Рабочие места предназначены для осуществления единичных процессов труда в соответствии с целевой функцией получения продукта труда. Из целевого предназначения вытекают наименования, содержание, факторы, величины характеристик, единицы измерения, показатели и количественные параметры аттестации.

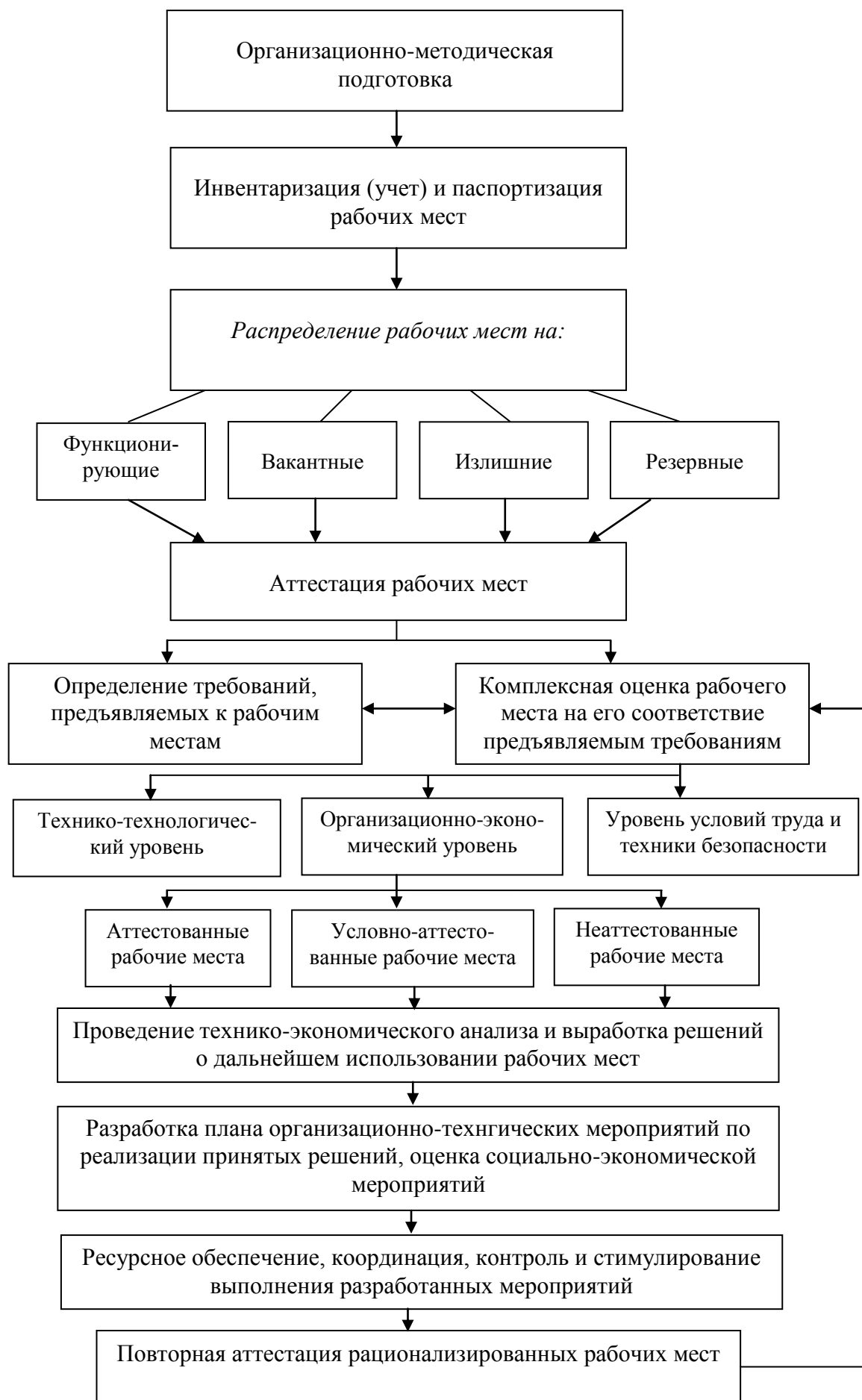


Рисунок 12.6 – Организация работы по инвентаризации (учету) и аттестации рабочих мест

Отмеченные особенности и ранее изложенные положения о характеристике единичных процессов труда позволяют утверждать о том, что процедуры аттестации рабочих мест, разработанные и разрабатываемые, в своей сущности вскрывают проблемы, которые могут успешно разрешаться методами квалиметрии, в первую очередь четким определением «ситуации оценки», и построением иерархической структуры «дерева свойств».

Показатели инженерно-технического уровня рабочего места

1. Уровень производительности оборудования (производительности применяемого оборудования в сравнении с прогрессивным серийно выпускаемым отечественным или закупаемым импортным, соотношение фактической или проектной (паспортной) производительности, степень использования оборудования по мощности, коэффициент загрузки оборудования, наличие простоев оборудования, возраст и техническое состояние (ремонтпригодность), степень амортизации, коэффициент точности оборудования и др.).

2. Технологическая оснащенность рабочего места (наличие всей технологической оснастки и инструмента, контрольно-измерительных приборов, подъемно-транспортных средств, прогрессивность и изношенность конструкторской характеристики, коэффициент изношенности технологической оснастки, оправданность применения и тяжесть ручного труда, обеспеченность средствами механизации, вычислительной техникой, средствами связи, сигнализацией и др.).

3. Прогрессивность применяемого технологического процесса (соответствие фактической трудоемкости проектной, оптимальность технологических режимов, коэффициенты механизации работ, использование отходов и др.).

Организационно-экономический уровень рабочего места анализируется по следующим основным показателям:

1) количество и комплексность организационной оснастки, прогрессивность ее конструкции, соответствие эргономическим требованиям, техническое состояние;

2) рациональность планировки рабочего места (соответствие площади, занимаемой рабочим местом, норма технологического проектирования; рациональность размещения и хранения на рабочем месте оборудования, технико-организационной оснастки, обеспечение минимума перемещения работника как по рабочей зоне, так и за ее пределами и др.);

3) рациональность обслуживания рабочего места;

4) применение современных форм организации труда – рациональность приемов и методов труда, возможность совмещения профессий и видов работ, применения многостаночного (многоагрегатного) обслуживания;

- 5) действующие нормативы и нормы по труду, степень их обоснованности;
- 6) квалификация рабочего и ее соответствие характеру информационной сложности процессов труда, выполняемых на рабочем месте;
- 7) эффективность использования рабочего места (съем продукции с рабочего места, использование оборудования по времени, коэффициент сменности работы оборудования, коэффициент занятости рабочего производительным трудом в течение смены).

Показатели аттестации рабочих мест по условиям труда

Аттестация рабочих мест по условиям труда производится по «Методике проведения специальной оценки условий труда» (приказ Минтруда России от 24 января 2014 г. №33Н), которая устанавливает обязательные требования к последовательно реализуемым в рамках проведения специальной оценки условий труда процедурам:

- 1) идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 2) исследованиям (испытаниям) и измерениям вредных и (или) опасных факторов;
- 3) отнесению условий труда на рабочем месте по степени вредности и (или) опасности к классу (подклассу) условий труда по результатам проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 4) оформлению результатов проведения специальной оценки условий труда.

С целью идентификации потенциально вредных и опасных производственных факторов установлены определенные государственным стандартом термины и их определения, основные из которых даны в таблице Приложения 14.

Аттестации по условиям труда подлежат все имеющиеся в организации рабочие места. На каждое рабочее место (или группу аналогичных по характеру выполняемых работ и по условиям труда рабочих мест) составляется «Карта аттестации рабочего места по условиям труда».

При отсутствии на рабочем месте опасных и вредных производственных факторов или соответствие их фактических значений оптимальным или допустимым величинам, а также при выполнении требований по травмобезопасности и обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты считается, что условия труда на рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и требованиям безопасности. Рабочее место признается **аттестованным (А)**. Когда на рабочем месте фактические значения опасных и вредных производственных факторов превышают соответствующие нормы или требования по

травмобезопасности и обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты не соответствует существующим нормам, на таком рабочем месте условия труда относятся к вредным и (или) опасным. При отнесении условий труда к 3 классу (вредному) рабочее место признается **условно аттестованным (УА)** с указанием соответствующего класса и степени (подкласса) вредности (3.1-3.4, а также 3.0 – по травмобезопасности) с внесением предложений по приведению его в соответствие с нормативными правовыми актами по охране труда в «План мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации».

При отнесении условий труда к 4 классу (опасному) рабочее место признается не аттестованным (Н). При сертификации производственных объектов на соответствие требованиям по охране труда условно аттестованные (УА) и не аттестованные (Н) рабочие места являются общей характеристикой, как самого рабочего места, так и всего рабочего пространства.

Рационализация рабочего места

В системе управления проектами и в самом проектировании рабочего пространства рабочее место как отдельно взятый производственный объект не имело (в большинстве случаев не имеет) полноты конструкторской, технологической документации. В системе Бережливого производства показателями рационализации рабочих мест рекомендуется:

1. Повышение производительности труда путем повышения эффективности использования оборудования, оснастки, энергетических источников различных технологических препаратов.

2. Разумной организации трудового процесса с целью сокращения внутренних потерь; повышения знаний и умений основного исполнителя технологических процессов и обслуживающего персонала.

3. Экономия от снижения себестоимости по всем статьям затрат на функционирование локально учитываемого рабочего места и сопряженных с ним издержек производства продукции, в частности, путем строго обусловленного калькулирования расхода средств по реальным квалитметрически исчисленным факторам.

Глава 13. Квалиметрические нормативы производительности металлорежущего оборудования и методы оценки ее использования

Важнейшей составляющей производственного потенциала в машиностроении является технологическое оборудование, более половины которого ($\approx 60\%$) приходится на долю металлорежущих станков. Учитывая преимущественное развитие производства оборудования для малоотходных и безотходных технологических процессов и ускорение темпов выбытия устаревшего оборудования доля металлорежущих станков составила, по приблизительным оценкам, около 50% всего парка технологического оборудования машиностроения.

Использование оборудования в настоящее время широко определяется коэффициентом сменности работы оборудования. При всей важности данного показателя, его, однако, недостаточно для полной характеристики использования оборудования, так как при этом не рассматривается использование технологических возможностей последнего. Другими словами, при определении использования станков только по времени, остается в стороне уровень использования потребительных свойств этих станков, характеризуемых показателями качества в соответствии с назначением. В то же время на практике имеется множество примеров, когда на крупных станках обрабатываются мелкие детали, на станках с возможностью больших подач и чисел оборотов обработка ведется с малыми величинами режимов резания и т.д.

Предлагаемые в экономической литературе способы определения коэффициента интенсивной загрузки оборудования обладают существенными недостатками, которые делают практически невозможным его применение в условиях многономенклатурного производства (серийных и единичного типов).

Целью квалиметрического анализа производства деталей машин является разработка методов измерения производительности металлорежущих станков и производственной мощности механических цехов, а также в создании нормативной базы для такого измерения на основе количественных показателей качества оборудования и условий технологии обработки.

13.1. Квалиметрические показатели производительности металлорежущих станков

Понятие «производительность» в отношении к универсальным металлорежущим станкам в условиях многономенклатурного производства (то есть единичного и серийных его типов) не применяется, так как она различна для

разных деталей и операций, являясь обратной величиной штучного времени. Определенная таким образом производительность не может служить объективной характеристикой возможностей металлорежущего станка, так как изменяется в зависимости от конкретных условий определяющих величину штучного времени.

Поэтому применяемые в настоящее время методы расчета производственных мощностей многономенклатурного производства учитывают лишь количество оборудования, совершенно не принимая во внимание другую важнейшую сторону – возможности оборудования, определяемые его качественным составом.

Металлорежущие станки и участки единичного, средне- и мелкосерийного производства оснащены в большинстве случаев универсальным оборудованием (в том числе и станки с ЧПУ и типа «ОЦ»). Для единицы универсального и специализированного металлорежущего оборудования предлагается ввести понятие «производственная мощность станка», которая определяется его максимальной производительностью, не связанной с изготовлением какого-либо конкретного изделия. Производственная мощность участка или цеха будет являться суммой производственных мощностей отдельных станков.

Максимальная производительность станка не должна зависеть от обрабатываемого изделия и вообще от условий обработки (в том числе режущего инструмента) и должна определяться только на основе его паспортных данных, то есть показателей его качества в соответствии с назначением, характеризующих его максимальную возможность.

Общее назначение металлорежущих станков очевидно – получение деталей определенных форм, размеров и шероховатостей поверхностей из металлических заготовок при помощи процессов обработки резанием. Но в зависимости от точности размеров и шероховатостей поверхностей обработка резанием, как известно, подразделяется на «чистовую» и «черновую». Станки по своим точностным параметрам и возможностям подразделяются на: станки нормальной точности, повышенной точности, высокой точности и т.д.

Максимальную производительность (производственную мощность) станка при «черновой» обработке для станков нормальной точности следует измерять максимально возможным количеством металла, которое можно переработать (срезать, снять) на данном станке в единицу времени при некоторых эталонных условиях.

При «чистовой» обработке максимальная производительность станка должна измеряться максимально возможной площадью обрабатываемой поверхности в единицу времени при некоторых эталонных условиях.

В данном разделе рассматривается только «черновая» обработка, которая одновременно может быть и окончательной, если позволяют требования точности размера и шероховатости поверхности. Здесь требуется еще раз вернуться к актуальности вопроса, так как такие направления научно-технического прогресса в области технологии, как применение точных заготовок и малоотходных (безотходных) технологий, могут создать впечатление, что проблема объективного использования производственной мощности металлорежущих цехов и участков при «черновой» обработке устарела и исчезает.

Несмотря на всю важность экономного расходования металлов, наиболее общими показателями затрат общественного труда на производство единицы продукции являются себестоимость и приведенные затраты. А для получения точных заготовок необходима, как правило, дорогая технологическая оснастка, которая при мелкосерийном и единичном типах производства заготовок настолько увеличивает их стоимость, что зачастую это увеличение не покрывается сокращением затрат на обработку резанием и экономией металла. И так как в ближайшем обозримом будущем, по-видимому, указанные типы производства останутся весьма распространенными в машиностроении, то во многих соответствующих случаях наиболее представительной и логически обоснованной будет являться определение производительности металлорежущих станков по количеству срезаемой с заготовки металла в единицу времени. Это действительно соответствует назначению этих станков.

Пусть q_m – количество (масса или объем) металла, снимаемого на станке с обрабатываемой детали за 1 мин, а q_{\max} – максимально возможное количество металла, которое можно снять на этом станке за 1 мин.

Тогда минутная производственная мощность цеха или участка будет определяться по формуле

$$Q_{\max} = \sum_{i=1}^n q_{\max_i}, \quad (13.1)$$

где i – порядковый номер станка; n – количество станков.

Использование производственной мощности будет определяться отношениями:

– для одного станка

$$\eta_{M_i} = \frac{q_{M_i}}{q_{\max_i}}, \quad (13.2)$$

– для цеха (участка)

$$\eta_M = \frac{Q_M}{Q_{\max}}, \quad (13.3)$$

где η_M – коэффициент использования производственной мощности; Q_M – количество металла снимаемого всеми станками цеха или участка за 1 мин.

$$Q_M = \sum_{i=1}^n q_{M_i}, \quad (13.4)$$

$$Q_M = nq_{M_{\text{ср}}}, \quad (13.5)$$

где $q_{M_{\text{ср}}}$ – количество снимаемого за 1 мин. металла, приходящееся на один станок в среднем.

Однако прямое использование формул (13.1)-(13.5) невозможно, так как необходимо учитывать разнообразие условий обработки, которые определяются качеством обрабатываемого материала, качеством обрабатывающего инструмента и качеством смазочно-охлаждающих средств. Например, максимально возможное количество металла, которое можно снять в процессе резания на одном и том же станке, при прочих равных условиях будет зависеть от химического состава и микроструктуры металла, определяющих его твердость и т.д.

Качество обрабатываемого материала характеризуется химическим составом, микроструктурой, твердостью, прочностью, пластичностью и состоянием поверхности. При окончательной («чистовой») обработке должны учитываться также точность размера и шероховатость поверхности.

Качество обрабатывающего инструмента характеризуется его материалом и геометрией. Качество окружающей среды, то есть смазочно-охлаждающих средств характеризуется их составом и количеством.

Учет отмеченного разнообразия условий обработки возможен на основе квалиметрической оценки производительности станка.

Для квалиметрического анализа использования производственной мощности станка необходимо установить его квалиметрическую максимальную производительность (квалиметрическую производственную мощность – квалимощность), определяемую максимально возможным количеством металла, которое можно снять на этом станке при эталонных условиях за 1 минуту процесса резания.

Тогда квалиметрическая оценка использования производственной мощности станка q_M^k будет рассчитываться по формуле

$$\eta_M^k = \frac{q_M^k}{q_{\text{max}}^3}, \quad (13.6)$$

где q_{max}^3 – максимальная производительность станка при эталонных условиях (квалимощность).

Величина q_{max}^3 не зависит от конкретных условий процесса резания, все частные и общий квалиметрические показатели приняты равными единице. Эта величина определяется только предельными показателями производительности данного станка с характеристиками эталонных условий, которые остаются постоянными для каждого класса станков.

Главной целью квалиметрического анализа является разработка алгоритмов определения q^3_{\max} и установление квалиметрического значения этой величины для ряда наиболее распространенных моделей станков.

Общая постановка задачи такова. Требуется найти максимально возможный объем V_m металла, срезаемого на станке данной модели при эталонных условиях за одну минуту процесса резания. При этом режимы резания и другие параметры процесса должны быть такими, чтобы удовлетворялись ограничения:

- мощность процесса резания N_p должна быть не больше мощности привода главного движения $N_{\text{пр}}$ с учетом коэффициента полезного действия (КПД) станка;

- усилия P и крутящие моменты $M_{\text{кр}}$ возникающие в процессе резания, должны быть не больше допускаемых станком усилий P_c и крутящих моментов M_c ;

- габариты обрабатываемых изделий Γ должны быть не больше допускаемых станком Γ_c ;

- скорости перемещений (подач) S и скорости вращения n рабочих органов станка должны быть не меньше минимально допускаемых станком скоростей перемещений S_{\min} и скоростей вращения n_{\min} и не больше максимально допускаемых станком S_{\max} , n_{\max} ;

- размеры режущего инструмента $L_{\text{и}}$ должны быть не меньше и не больше размеров, допускаемых станком L_{\min} и L_{\max} . Символическая запись задачи в общей постановке:

$$V_m = f(v, s, t) \rightarrow (\text{целевая функция})$$

при ограничениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_p = \varphi_N(v, s, t, \Phi^3) \leq N_{\text{пр}} \eta \\ P = \varphi_P(v, s, t, \Phi^3) \leq P_c \\ M_{\text{кр}} = \varphi_M(v, s, t, \Phi^3) \leq M_c \\ \Gamma \leq \Gamma_c \\ S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \\ n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \\ L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \end{array} \right.,$$

где v – скорость резания; t – глубина резания; Φ^3 – факторы, учитывающие эталонные условия.

Решая эту задачу для конкретных станков и видов обработки, следует иметь в виду, что искомый максимум целевой функции (квалимощность станка) будет получен при определенном сочетании характеристик режимов резания: скорости, подачи и глубины. При этом не исключена возможность получения такого сочетания v, s, t , которое является совершенно нереальным и неприемлемым на практике с эксплуатационной и экономической точки зрения из-за чрезмерно малой стойкости режущего инструмента.

13.2. Определение максимальной квалитетической производительности токарных станков

Эталонные условия:

- продольное точение;
- обрабатываемый материал – ст. 45 ($\sigma_B = 75$ кгс/мм);
- материал режущей части инструмента – сплав Т15К6;
- количество инструментов, одновременно участвующих в работе – 1;
- главный угол резца в плане $\phi = 45^\circ$;
- передний угол резания $\gamma = \gamma_{\text{опт}}$;
- радиус переходного лезвия $r = 3$ мм;
- степень изношенности задней грани резца $\delta = 0,8$ мм;
- охлаждение – без охлаждения.

Формула, рекомендуемая для расчета главной составляющей силы резания,

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{Xp} \cdot s^{Yp} \cdot v^{Zp} \cdot k_p \text{ кгс}, \quad (13.7)$$

при эталонных условиях имеет вид (Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.; Справочник технолога-машиностроителя, т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., М.: Машиностроение, 1986. 496 с.)

$$P_z = 300 \cdot t^{0,75} \cdot s^{0,15} \cdot v^{0,85} \text{ кгс}, \quad (13.8)$$

где t – глубина резания, мм; s – продольная подача на оборот шпинделя, мм/об; v – скорость резания, м/мин.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} \text{ кВт}, \quad (13.9)$$

Из формул (13.8) и (13.9) получается:

$$N_p = 0,049 \cdot t^{0,75} \cdot s^{0,85} \cdot v^{0,85} \text{ кВт}, \quad (13.10)$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (13.11)$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки, мм; n – число оборотов шпинделя в минуту, об/мин.

Подстановкой (13.10) в (13.11) получается

$$N_p = 3,65 \cdot 10^{-4} \cdot t^{0,85} \cdot D^{0,85} \cdot n^{0,75} \cdot s^{0,75}. \quad (13.12)$$

Мощность процесса резания ограничена мощностью привода главного движения станка $N_{\text{пр}}$ с учетом коэффициента полезного действия станка, то есть

$$N_p \leq N_{\text{пр}} \cdot \eta.$$

Объем металла, снимаемого при обработке на токарном станке за 1 минуту, можно определить по формуле

$$V = \eta \cdot D \cdot t \cdot s \cdot n \text{ мм.} \quad (13.13)$$

Математическая модель задачи

$$V = \eta \cdot D \cdot t \cdot s \cdot n \rightarrow \max \text{ (целевая функция)}$$

ограничения:

$$\begin{cases} N_p = 3,65 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot D^{0,85} \cdot n^{0,85} \cdot s^{0,75} \leq N_{\text{пр}} \eta \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} D \leq D_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

где D_{\max} – максимальный диаметр заготовки, обрабатываемой на станке, мм.

Анализ математической модели показывает, что влияние всех аргументов (D, t, s, n) на целевую функцию одинаково, на величину t накладывает ограничение только условие (1), к тому же влияние других переменных (D, s, n) в ограничении (1) слабее, так как они входят в это ограничение с показателями степени меньшими, чем у t ; при фиксированных (D, s, n) максимальное значение t получается при замене знака неравенства на знак равенства.

Выражая из ограничения (1) величину t и заменяя в (1) знак неравенства знаком равенства, получим

$$t = \frac{10^4 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta}{3,65 \cdot D^{0,85} \cdot n^{0,85} \cdot s^{0,75}}. \quad (13.14)$$

КПД передачи главного движения для токарных станков можно с незначительной погрешностью принять равным 0,98 (учитывая, что при n_{\max} будет, скорее всего, осуществляться прямая передача с двигателя на шпиндель).

$$t = \frac{2,65 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}}}{D^{0,85} \cdot n^{0,85} \cdot s^{0,75}}. \quad (13.15)$$

Подставляя выражение в целевую функцию, получим:

$$V_m = 8,35 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}} \cdot D^{0,15} \cdot n^{0,15} \cdot s^{0,25}. \quad (13.16)$$

Выражение (13.16) – целевая функция – максимизируется при максимальных значениях D, s, n .

Следовательно, максимальное значение V_m

$$V_m = 8,35 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}} \cdot D_{\max}^{0,15} \cdot n_{\max}^{0,15} \cdot s_{\max}^{0,25} \text{ мм}^3. \quad (13.17)$$

Этим выражением можно пользоваться для определения квалिमощности токарного станка.

Анализ формулы (13.17) показывает, что главное влияние на величину V_m оказывает мощность привода $N_{пр}$, затем значительно слабее влияние величины максимальной продольной подачи станка на оборот шпинделя S_{max} , затем незначительное влияние оказывают величины максимального диаметра заготовки D_{max} и максимального числа оборотов шпинделя в минуту n_{max} .

Преобразуем (13.17), используя (13.11):

$$V_m = 2,0 \cdot 10^4 \cdot N_{пр} \cdot s_{max}^{0,25} \cdot v_{max}^{0,15}. \quad (13.18)$$

Для легких и средних токарных станков, за исключением самых легких, максимальным величинам подач соответствуют оптимальные скорости резания, не превышающие 150-200 м/мин. Учитывая соображения об обрабатываемости, изложенные в предыдущем разделе, $V_{max} = 300-400$ м/мин. влияние показателя степени 0,15 таково, что изменение V_{max} от 300 до 400 м/мин. влечет изменение V_m менее 5%.

Поэтому с достаточной точностью можно считать $V_{max} = 400$ м/мин. и упрощения вычислений записать

$$V_m = 4,7 \cdot 10^4 \cdot N_{пр} \cdot s_{max}^{0,25} \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (13.19)$$

Исходные данные и результаты, вычисленные по формуле (13.19) приведены для ряда моделей токарных станков в таблице 13.1.

Для некоторых моделей станков величины предельных подач указываются в паспортных данных не в мм/об., а в мм/мин. В этом случае вычисление следует производить по формуле

$$V_m = 4,7 \cdot 10^4 \cdot N_{пр} \cdot (s_{Mmax}/n_{max})^{0,25} \text{ мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.20)$$

где s_{Mmax} – максимальная предельная подача станка, мм/мин.

При вычислении величины V_m формула (13.19) приобретает вид

$$V_m = 47 \cdot N_{пр} \cdot s_{max}^{0,25} \text{ см}^3/\text{мин.}$$

Таблица 13.1 – Исходные данные и квалимощность токарных и токарно-винторезных станков

Модель	Мощность привода главного движения $N_{пр}$, кВт	Максимальная продоль- ная подача s_{max}	Квалимощность V_m , см ³ /мин.
1	2	3	4
1601	0,6	0,25	19,9
1603	1,0	0,30	34,8
1604	1,0	190*	23,6
1П611	1,7	0,7	73,1
1И611П	2,8	3,0	173

Продолжение таблицы 13.1

1	2	3	4
1A616	4,5	2,6	268
1K62	10	4,16	671
1A625	10	4,0	662
163	14	3,2	882
1A64	20	3,05	1241
165	28	3,05	1737
16B04A	1,1	0,175	33,4
16B05П	1,5	0,35	54,2
16B16A	2,8; 4,6	0,7	120; 197
16B16T1	4,2; 7,1	1200*	173; 293
16Л20, 16Л20П	3,8; 6,3	2,8	231; 383
16K20, 16K20П	11	2,8	668
16K20Ф3	10	1200*	437
16K20T1	11	2,8	668
16K25	11	2,8	668
16K25	11	2,8	668
16K30Ф305	22	1200*	1023
16K40П	18,5	1,2	910
16K50П	22	27,9	2376
1A660	55	3,4	3510
1A670	100	84,7	14260
1A675	125	20	12395
1A680	160	390	33389
1A685	160	390	33389

* – максимальная минутная подача, мм/мин.

13.3. Определение максимальной квалитетической производительности сверлильных станков

Эталонные условия:

- обрабатываемый материал – ст. 45 ($\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$);
- материал сверла – быстрорежущая сталь Р9;
- охлаждение – сульфокрезол, обильное.

Для определения осевой силы (P_o) и крутящего момента (M_o) при сверлении рекомендуются (Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. 4.1. / НИИ труда. М.: Машиностроение, 1978. 406 с.; Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.; Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.) формулы

$$P_o = C_p \cdot D^{q_p} \cdot s_o^{Y_p} \cdot k_p \text{ кгс,} \quad (13.21)$$

$$M_o = C_m \cdot D^{q_m} \cdot s_o^{Y_m} \cdot k_m \text{ кгс}, \quad (13.22)$$

которые при эталонных условиях приобретают вид

$$P_o = 68 \cdot D \cdot s_o^{0,7} \text{ кгс}, \quad (13.23)$$

$$M_o = 0,345 \cdot D^2 \cdot s_o^{0,8} \text{ кгс} \cdot \text{м}, \quad (13.24)$$

где D – диаметр сверла, мм; s – подача, мм/об.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975} \text{ кВт}, \quad (13.25)$$

где n – число оборотов шпинделя, об/мин.

Объем металла, срезаемого за 1 минуту процесса сверления определяется по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s_o \cdot n. \quad (13.26)$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s_o \cdot n. \rightarrow \max \text{ (целевая функция)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D^2 \cdot s_o^{0,8} \cdot n \cdot 3,53 \cdot 10^{-5} \leq N_{np} \cdot \eta \end{array} \right. \quad (01)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,345 D^2 \cdot s_o^{0,8} \leq M_{\max} \end{array} \right. \quad (02)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 68 D \cdot s_o^{0,7} \leq P_{o \max} \end{array} \right. \quad (03)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \end{array} \right. \quad (04)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \end{array} \right. \quad (05)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D \leq D_{\max} \end{array} \right. \quad (06)$$

На основе анализа математической модели установлен следующий алгоритм решения задачи:

1. Берется $S_o = S_{o \max}$.

2. Из ограничения (02) определяется максимальный диаметр сверла по формуле

$$D_m = \sqrt{\frac{M_{\max}}{0,345 \cdot s_{o \max}^{0,8}}}. \quad (13.27)$$

3. Из ограничения (03) определяется диаметр сверла по формуле

$$D_p = \frac{P_{o \max}}{68 \cdot s_{o \max}^{0,7}}. \quad (13.28)$$

4. Сравнивая значения D_m и D_p , выбирается меньшее:

$$D_c = \min \{D_m, D_p\}.$$

5. Сравнивая значения D_c и D_{\max} и выбирается меньшее:

$$D_u = \min\{D_c, D_{\max}\}.$$

6. Из ограничения (01) определяется n по формуле

$$n = \frac{2,83 \cdot 10^4 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta}{D_u^2 \cdot S_{o \max}^{0,8}}. \quad (13.29)$$

7. Полученное значение n сравнивается с n_{\max} и выбирается меньшее:

$$n_c = \min\{n, n_{\max}\}.$$

8. Значения D_u , n_c , $S_{o \max}$ подставляются в формулу (13.28) целевой функции соответственно вместо D , n и S_o и определяется ее значение.

Проведенные вычисления и сравнения D_M , D_P , D_{\max} для ряда моделей показали, что наименьшей величиной во всех случаях оказывалось значение D_P . По-видимому, это имеет место для подавляющего большинства сверлильных станков с машинной подачей, а может быть и для всех, если это следует из принципов проектирования сверлильных станков, что требует специального дополнительного рассмотрения.

Принятие этого положения значительно упрощает алгоритм определения V_m : из формул (13.26) и (13.29) получается, приняв $\eta = 0,95$,

$$V_m = 2,11 \cdot 10^4 \cdot N_{\text{пр}} \cdot S_{o \max}^{0,2} \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (3.30)$$

или

$$V_m = 21,1 \cdot N_{\text{пр}} \cdot S_{o \max}^{0,2} \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (3.31)$$

Исходные данные и результаты для ряда моделей сверлильных станков с машинным приводом подачи приведены в таблице 13.2. КПД принимался равным 0,95.

Таблица 13.2 – Исходные и промежуточные данные и квалимощность сверлильных станков

Модель станка	Паспортные данные						Промежуточные данные		V_m , см ³ /мин.
	D_{\max} , мм	$S_{o \max}$, об/мин.	$P_{o \max}$, кГс	M_{\max} , кГс·м	n_{\max} , об/мин.	$N_{\text{пр}}$, кВт	$D_{\text{и}}$, мм	n_c , об/мин.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2Н118	18	0,56	560	880	2800	1,5	12,4	418	28,1
2Н125	25	1,6	900	2500	200	2,2	9,52	449	51,1
2Н135	35	1,6	1500	4000	1400	4	15,9	292	92,8
2Н150	50	2,24	2350	8000	1000	7,5	19,6	276	186,4
2170	75	3,2	4000	25000	1018	10	26,0	158	268,3
2Н125Л	*	0,3				1,5			24,8
2Р135Ф2-1		500**				3,7			
2Г175		4,5				11			313

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2Г175М		2,24				11			272
2М55		2,5				5,5			139
2554		5,0				5,5			160
2Ш55		1,12				4,0			86,3
2Р53		2,5				5,5			139
2М57		3,15				7,5			199
2М58-1		3,15				13			345

Примечания:

* – для первых пяти станков расчет проводился по приведенному выше алгоритму, для остальных – по формуле (13.28);

** – величина подачи в мм/мин.

13.4. Определение максимальной квалитетической производительности вертикально-фрезерных станков

Эталонные условия:

– обрабатываемый материал – ст. 45 ($\sigma_b = 75$ кгс/мм);

– материал инструмента – твердый сплав ТИ5К6;

– охлаждение – без охлаждения.

Формула, рекомендуемая для определения тангенциальной (главной) составляющей силы резания при фрезеровании (P_z) (Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.),

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{\omega_p}} \quad (13.32)$$

Для эталонных условий имеет вид (Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.)

$$P_z = \frac{825 \cdot t_z^{0,75} \cdot B^{1,1} \cdot Z}{D^{1,3} \cdot n^{0,2}} \quad (13.33)$$

где t_z – глубина резания, мм; S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб; B – ширина фрезерования, мм; Z – число зубьев фрезы, шт.; D – диаметр фрезы, мм; n – число оборотов фрезы (шпинделя) в минуту, об/мин.

$$B = a \cdot D_{\text{мм}}, \quad (13.34)$$

где a – отношение $\frac{B}{D}$, $0,6 \leq a \leq 1$.

Мощность процессов резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} \text{ кВт}, \quad (13.35)$$

где v – скорость резания, м/мин.

Из формул (13.8) и (13.9) получается:

$$N_p = 0,049 \cdot t \cdot S^{0,75} \cdot v^{0,85} \text{ кВт}, \quad (13.36)$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (13.37)$$

Подставляя (13.38) в (13.39), (13.36), (13.37), получим

$$N_p = 0,425 \cdot 10^{-3} \cdot a^{1,1} \cdot t S_z^{0,75} \cdot D^{0,8} \cdot z \cdot n^{0,8} \text{ кВт}. \quad (13.38)$$

Объем металла, снимаемого при обработке на фрезерном станке за 1 минуту, можно определить по формуле

$$V = B \cdot t \cdot S_m \text{ мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.39)$$

где S_m – минутная продольная подача, мм/мин.

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n \text{ мм/мин.} \quad (13.40)$$

Подставляя в (13.39) выражение $a = \frac{B}{D}$, (13.40), получим

$$V = a D \cdot t \cdot S_m \text{ мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.41)$$

$$V = a D \cdot t \cdot S_z \cdot z \cdot n \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (13.42)$$

Математическая модель задачи

$$V \rightarrow \max \text{ (целевая функция)}$$

ограничения:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_p \leq N_{пр} \cdot \eta \end{array} \right. \quad (01)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\min} \leq S_m \leq S_{\max} \end{array} \right. \quad (02)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \end{array} \right. \quad (03)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D \leq D_{\max} \end{array} \right. \quad (04)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,6 \leq a \leq 1 \end{array} \right. \quad (05)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} z = f(D) \end{array} \right. \quad (06)$$

где $N_{пр}$ – мощность привода главного движения, кВт.; η – КПД передачи от двигателя к шпинделю; n_{\min} , n_{\max} – минимальные и максимальные обороты шпинделя станка, об/мин.; S_{\min} , S_{\max} – минимальная и максимальная продольная минутная подача, мм/мин.; D_{\max} – максимальный диаметр фрезы, мм; $f(D)$ – функция, устанавливающая зависимость числа зубьев от диаметра, устанавливается ГОСТами в табличной форме. Здесь будут рассматриваться только фрезы торцовые насадные с крупными зубьями по ГОСТ 9304-69 и фрезы торцовые

насадочные со вставными ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава по ГОСТ 24359-80.

Математическая модель в подробной записи:

$$V = aD \cdot t \cdot S_z \cdot z \cdot n \text{ мм}^3/\text{мин.} \rightarrow \max \text{ (целевая функция).}$$

Ограничения

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,425 \cdot 10^{-3} \cdot a^{1,1} \cdot t \cdot S_z^{0,75} \cdot D^{0,8} \cdot z \cdot n^{0,8} \leq N_{\text{пр}} \cdot \eta \end{array} \right. \quad (01)$$

$$S_{\text{min}} \leq S_z \cdot z \cdot n \leq S_{\text{max}} \quad (02)$$

$$n_{\text{min}} \leq n \leq n_{\text{max}} \quad (03)$$

$$D \leq D_{\text{max}} \quad (04)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,6 \leq a \leq 1 \end{array} \right. \quad (05)$$

$$f_1 : \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c} D & 40-50 & 60 & 80 & 100 & 150 & 200 & 250 \\ \hline z & 3 & 4 & 6 & 8 & 10 & 12 & 14 \end{array} \quad (06-1)$$

$$f_2 : \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c} D & 100-125 & 160 & 200 & 250 & 320 & 400 & 500 & 630 \\ \hline z & 8 & 10 & 12 & 14 & 18 & 20 & 26 & 30 \end{array} \quad (06-2)$$

Рассматривая функции f_1 и f_2 можно заметить, что $z \approx \frac{D}{15}$ для большинства значений D . Исключая диаметры 400, 500 и 630 в f_2 , которые следует рассматривать отдельно, наибольшие отклонения от $\frac{D}{15}$ возникают для диаметров 100 и 250, но и в этих случаях погрешность от замены $z^{0,25}$ величиной $\frac{D}{15}$ не превышает 6%. В остальных случаях эта погрешность не превышает 3% или ее нет совсем.

Подставляя в выражение $z \approx \frac{D}{15}$, а для особо крупных станков с D_{max} , равным 400, 500 и 630 мм; $z \approx \frac{D}{20}$, получим

$$t = \frac{4,64 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta}{a^{1,1} \cdot D^{1,05} \cdot S_{\text{м}}^{0,75} \cdot n^{0,05}} \text{ мм}, \quad (13.43)$$

для тяжелых станков

$$t = \frac{4,64 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta \cdot S_{\text{м}}^{0,25}}{a^{0,1} \cdot D^{0,05} \cdot n^{0,05}} \text{ мм}. \quad (13.44)$$

Так как a находится в знаменателе, то для получения большого V следует взять $a = 0,6$. КПД взять 0,9. Используя также (13.37), из (13.44) получается

$$V = \frac{3,49 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}} \cdot \eta \cdot S_{\text{м}}^{0,25}}{v^{0,05}} \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (13.45)$$

Анализ последней формулы показывает, что V весьма слабо зависит от v . Учитывая соображения о влиянии обрабатываемости, изложенные в первом

разделе, и то, что v находится в знаменателе, следует взять значение $v = 0,5 v_0$, где v_0 – оптимальная для эталонных условий скорость резания. Даже существенная ошибка в выборе v_0 почти не окажет влияния на результат. Наиболее часто для эталонных условий рекомендуется $v_0 = 300$ м/мин.

Тогда

$$V_m = 2,27 \cdot N_{\text{пр}} \cdot S_{\text{max}}^{0,25} \text{ см}^3/\text{мин.}, \quad (13.46)$$

для тяжелых станков

$$V_m = 2,85 \cdot N_{\text{пр}} \cdot S_{\text{max}}^{0,25} \text{ см}^3/\text{мин.} \quad (13.47)$$

Таблица 13.3 – Исходные данные и квалимощность вертикально-фрезерных станков

Модель станка	$N_{\text{пр}}$, кВт	S_{max} , мм/мин.	V_m , см ³ /мин.
676	3	400	36,6
6М12П	7	400	85,4
6М12П15	10	1250	162,1
6Н10	4	800	58,1
6Н11	4	790	58,0
6М13П	10	3000	202,0
6М13ПБ	14	4600	314,5
6А54	37	2300	729,6
6Т104	2,2	500	28,0
6Р10	2	1120	47,3
6Р11	5,5	1020	84,8
6Р11Ф3-1	5,5	4800	125,0
6Р11МФ3-1	8	4800	181,8
6Р12	7,5	1250	121,8
6Р13	11	1250	178,5
6Р13Ф3-01	7,5	1200	120,5
6Р13Ф3	7,5	1200	120,5

13.5. Определение максимальной квалиметрической производительности горизонтально-фрезерных станков

Эталонные условия:

- обрабатываемый материал – ст. 45;
- материал инструмента – быстрорежущая сталь Р18;
- тип фрезы – цилиндрическая;
- охлаждение – сульфифрезол, обильное.

Формула для расчета окружной силы резания

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{i_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{\omega_p}}. \quad (13.48)$$

Для эталонных условий имеет вид

$$P_z = \frac{62,2 \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,72} \cdot B \cdot z}{D^{0,86} \cdot n} \text{ кгс.}, \quad (13.49)$$

где t – глубина резания, мм; S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб; B – ширина фрезерования, мм; Z – число зубьев фрезы, шт.; D – диаметр фрезы, мм; n – число оборотов фрезы (шпинделя) в минуту, об/мин.

$$B = b \cdot L \text{ мм}, \quad (13.50)$$

где L – длина фрезы, мм; b – отношение $\frac{B}{L}$, $0,5 \leq b \leq 0,9$.

Мощность процессов резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} \text{ кВт}, \quad (13.51)$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (13.52)$$

Подстановкой (13.48), (13.50) и (13.52), в (13.51) получается:

$$N_p = 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot b \cdot L \cdot z \cdot n \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,72} \cdot D^{0,14} \text{ кВт}, \quad (13.53)$$

$$V = B \cdot t \cdot S_m, \text{ мм}^3/\text{мин}. \quad (13.54)$$

Подставляя (13.50) в (13.54), получим

$$V = b \cdot L \cdot t \cdot S_m, \text{ мм}^3/\text{мин}. \quad (13.55)$$

Математическая модель задачи

$$V = b \cdot L \cdot t \cdot S_m, \text{ мм}^3/\text{мин}. \rightarrow \max \text{ (целевая функция)}$$

ограничения:

$$\begin{cases} N_p = 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot b \cdot L \cdot z \cdot n \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,72} \cdot D^{0,14} \leq N_{\text{пр}} \cdot \eta & (01) \\ S_{\min} \leq S_m \leq S_{\max} & (02) \\ n_{\min} \leq n \leq n_{\max} & (03) \\ D_{\min} \leq D_{\max} & (04) \\ 0,5 \leq b \leq 0,9 & (05) \\ L = f_1(D) & (06) \\ z = f_2(D) & (07) \end{cases}$$

Функции f_1 и f_2 таблично заданы в ГОСТ 3752-71. Здесь будут рассматриваться только фрезы с крупным зубом.

D	50	63	80	100
L	50 63 80	50 63 80 100	63 80 100 125	80 100 125 160
z	6	8	10	12

Рассматривая функции f_1 и f_2 можно заметить, что отношение $\frac{D}{z}$ можно считать постоянным и равным 8. При этом относительная погрешность для $D50$ и $D100$ будет менее 5%, для $D63$ – менее 2% и для $D80$ равняться нулю.

Далее следует отметить, что отношение $\frac{L}{D}$ колеблется для всех D в пределах 0,8-1,6; таким образом, $L = (0,8 \div 1,6)D$.

Из ограничения (01)

$$t = \frac{1,64 \cdot 10^5 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16} \cdot \eta^{1,16}}{b^{1,16} \cdot L^{1,16} \cdot z^{1,16} \cdot S_z^{0,83} \cdot n^{1,16} \cdot D^{0,16}} \text{ мм.} \quad (13.56)$$

Подставляя $S_z \cdot z \cdot n = S_m$ и принимая $\eta = 0,95$, получим

$$t = \frac{1,54 \cdot 10^5 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16}}{b^{1,16} \cdot L^{1,16} \cdot z^{0,33} \cdot S_z^{0,83} \cdot n^{0,33} \cdot D^{0,16}} \text{ мм.} \quad (13.57)$$

Подставляя (13.59) в (13.57), получим

$$V = \frac{1,54 \cdot 10^5 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16} \cdot S_m^{0,17}}{b^{0,16} \cdot L^{0,16} \cdot z^{0,33} \cdot n^{0,33} \cdot D^{0,16}} \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (13.58)$$

Используя из функции f_2 $z = \frac{D}{8}$ и формулу $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$, получим

$$V = \frac{3,85 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16} \cdot S_m^{0,17}}{b^{0,16} \cdot L^{0,16} \cdot v^{0,33} \cdot D^{0,16}}. \quad (13.59)$$

Так как V требуется максимизировать, то следует взять значение b минимальным, так же и отношение $\frac{L}{D}$. С учетом этого

$$V = \frac{4,48 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16} \cdot S_m^{0,17}}{D_{\text{min}}^{0,33} \cdot (0,5 \cdot v_0)^{0,33}}. \quad (13.60)$$

Так как для эталонных условий $v_0 \approx 80$ м/мин., то

$$V_m = \frac{1,33 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{пр}}^{1,16} \cdot S_m^{0,17}}{D_{\text{min}}^{0,33}} \text{ мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.61)$$

где D_{min} – минимальный диаметр фрезы по паспорту станка.

Таблица 13.4 – Исходные данные и квалимощность горизонтально-фрезерных станков

Модель станка	$N_{\text{пр}}$, кВт	S_{max} , мм/мин.	D_{min} , мм	V_m , см ³ /мин.
6М80Г	2,8	1120	30	57,5
6М81	4,5		50	
6П80Ш	2,8	1120	30	57,5
6М82Б	10	1250	40	235,3
6Н82	7,0	1100	40	152,2
6М82Ш	7,0	1250	40	155,0
6Н81	4,0		50	
6Р82Г	7,5	1250	40	167,2
6Р81Г	5,5	800	40	108,5
6Р80	3,0	1120	40	56,9
6Р83	11,0	1250	40	261,3
6Р81	5,5	1020	40	113,3
6Т80Г	2,2	500	30	38,0

13.6. Шлифование

13.6.1. Общие положения

Из разнообразных видов и методов шлифования основным является наружное круглое шлифование с продольной подачей. (Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.). В настоящем разделе рассматривается отмеченный метод и один из наиболее распространенных методов плоского шлифования – периферией круга.

Процессы шлифования в силу своих особенностей существенно отличаются от процессов резания металлическим инструментом. На эти процессы влияют многие параметры. Обозначив через A исследуемую величину (силу резания, стойкость круга, шероховатость шлифованной поверхности и т.д.), можно записать

$$A = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, l, d, D, H, n_{\text{кр}}, n_{\text{д}}, t, s, C_6, C_7, C_8),$$

где C_1, C_2 – коэффициенты, характеризующие обрабатываемый материал (состав и структуру, механические свойства); C_3, C_4, C_5 – коэффициенты, характеризующие шлифовальный инструмент (зерно, связку, твердость); l – среднее расстояние между зернами; d – диаметр обрабатываемой детали, мм; D – диаметр круга, мм; H – высота круга, мм; $n_{\text{кр}}$ – число оборотов круга в сек; $n_{\text{д}}$ – число оборотов детали в мин.; t – глубина шлифования, мм; s – продольная подача детали, мм/об; C_6, C_7, C_8 – коэффициенты, характеризующие соответственно

смазочно-охлаждающие жидкости, точность и жесткость шлифовального станка, качество правки шлифовального круга.

Проектирование шлифовальных процессов вследствие особенностей шлифования начинается с выбора метода шлифования (абразивное, алмазное и др.) и технической характеристики круга в соответствии с условиями обработки. Этот выбор наряду с другими проектно-подготовительными работами должен в первую очередь обеспечить рациональное использование шлифовальных станков и кругов, то есть обеспечить высокую производительность обработки деталей при требуемом их качестве (точность, шероховатость обработанной поверхности) и низкой себестоимости. Выбор метода шлифования и технической характеристики круга производится исходя из обрабатываемости материалов шлифованием.

Обрабатываемость материалов шлифованием — это комплексное технологическое свойство материала, характеризующее его способность к обработке шлифовальным инструментом определенного качества.

Это свойство определяется рядом показателей: производительность обработки (объем снимаемого материала в минуту), удельный расход круга, стойкость инструмента, сила и температура шлифования, шероховатость обработанной поверхности, качество поверхностного слоя, размерная точность и др.

Для определения обрабатываемости обычно применяют один или несколько показателей, имеющих наибольшее значение для данных условий обработки, например, удельная производительность обработки и мощность резания при предварительном (черновом) шлифовании и шероховатость поверхности при чистовом.

Обрабатываемость материала шлифованием во многом определяет эффективность процесса шлифования. Она зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: правильный выбор шлифовального инструмента (по материалу и размеру зерен, форме, связке и др.) для данных условий обработки, химический состав, структура и механические свойства обрабатываемых материалов, смазочно-охлаждающие средства и пр.

13.6.2. Сущность и постановка задачи (уточнение для шлифования)

Задача, как и при других способах обработки резанием, состоит в том, чтобы рассчитать производственную мощность станка, то есть его максимальную производительность независимо от конкретных условий обработки различных деталей.

Квалиметрический анализ показателей обрабатываемости материалов шлифованием, а также соображения, изложенные выше, приводят к выводу, что следует различать два возможных варианта:

1. Снимаемый припуск достаточно велик. Сюда относится предварительное или черновое шлифование, а также шлифование в размер, когда требования шероховатости и точности не очень высоки;

2. Снимаемый припуск весьма мал и нужен только для обеспечения требуемых высоких значений шероховатости и точности. Сюда относится выхаживание.

В зависимости от сочетания этих вариантов возможны три ситуации:

1) предварительное шлифование;

2) шлифование с реализацией оптимального цикла обработки, осуществляемого в три этапа: врезание, установившийся процесс, выхаживание;

3) чистовое шлифование.

В результате указанного выше анализа следует, что в первом варианте (и ситуации) производительность станка следует измерять объемом снимаемого в единицу времени (минуту) металла. Отсюда, для определения использования производственной мощности станка необходимо установить его максимально возможную производительность, измеренную объемом срезанного материала. Основным условием, ограничивающим максимальную производительность, при этом будет ограничение энергетической мощности процесса шлифования мощностью привода станка.

Во втором варианте (и третьей ситуации) назначение и сущность процесса, очевидно, не определяются мощностью ни процесса, ни привода. Производительность станка в этом случае может быть измерена величиной площади, обработанной в единицу времени при соблюдении требуемых величин шероховатости и точности. Однако определение использования производственной мощности станка указанной величиной представляется спорным. Максимальная производительность станка здесь зависит от размеров станка и наибольшей скорости продольного и поперечного хода, а величина продольной подачи при обработке зависит от требований точности и шероховатости детали, точности и жесткости станка и качественных показателей шлифовального инструмента. К тому же, целью здесь является получение высоких величин шероховатости и точности обрабатываемых деталей и соответствие их точности и жесткости станка, а также соответствие размеров деталей размерам станка и должно служить мерой использования таких станков.

Вторая же ситуация может быть представлена как разновидность первого варианта с учетом реальных условий, учитываемых с помощью квалитетических параметров (дальнейший этап работы).

Сама постановка задачи аналогична рассмотренной ранее для точения и фрезерования. Схематично она выглядит так: максимизировать минутный объем снимаемого материала при ограничениях: по мощности процесса шлифования,

габаритам обрабатываемых изделий, величиной подач, скоростям вращения детали и инструмента, размерам режущего инструмента.

Особенностью при шлифовании является то, что условия обрабатываемости определяют правильный выбор шлифовального инструмента, поэтому варьирование инструментом для условий обработки по максимизации объема снимаемого материала представляется нецелесообразным.

13.6.3. Круглое наружное шлифование с продольной подачей

Требуется определить максимальную производительность (максимально возможный объем снимаемого материала за 1 минуту процесса шлифования) для станков конкретных моделей в эталонных условиях.

Объем снимаемого за 1 минуту материала в процессе круглого наружного шлифования определяется по формуле

$$V = \pi \cdot d \cdot s \cdot t \cdot n_d \quad \text{мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.62)$$

где d – диаметр детали, мм; S – продольная подача на оборот детали, мм/об; t – глубина резания (поперечная подача на двойной ход), мм; n_d – число оборотов детали в минуту, об/мин.

Мощность данного процесса шлифования определяется по эмпирической формуле (Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.; Справочник технолога-машиностроителя, т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., М.: Машиностроение, № 6. 496 с.):

$$N = C_N \cdot v_d^r \cdot t^x \cdot s^y \quad \text{кВт}, \quad (13.63)$$

где v_d – скорость вращательного движения заготовки (детали), м/мин; t – глубина шлифования на двойной ход стола, мм; s – продольная подача на один оборот заготовки, мм/об; C_N – коэффициент, зависящий от условий обработки; r, x, y – показатели степени, зависящие от условий обработки.

Размеры и скорость вращения шлифовального круга не входят в число независимых переменных в формулах (13.62) и (13.63). Математическая модель задачи в общем виде будет следующей:

$$V = \pi \cdot d \cdot s \cdot t \cdot n_d \rightarrow \max \text{ (целевая функция).}$$

Ограничения

$$\left\{ \begin{array}{l} N = C_N \cdot v_d^r \cdot t^x \cdot s^y \leq N_{\text{пр}} \cdot \eta \\ 0 \leq d \leq d_{\text{max}} \\ n_{d \text{ min}} \leq n_d \leq n_{d \text{ max}} \\ 0 \leq t \leq t_{\text{max}} \\ S_{\text{min}} \leq S \leq S_{\text{max}} \end{array} \right.,$$

где $N_{\text{пр}}$ – мощность электродвигателя привода главного движения, кВт; η – коэффициент полезного действия привода главного движения; d_{max} – максимальный рекомендуемый диаметр шлифования на данном станке, мм; $n_{\text{д min}}$ – минимальное число оборотов детали в минуту на станке, об/мин; $n_{\text{д max}}$ – максимальное число оборотов детали в минуту на станке, об/мин; t_{max} – максимальная глубина шлифования на данном станке, мм; $S_{\text{м min}}$ – минимальная продольная минутная подача стола на данном станке, мм/мин; $S_{\text{м max}}$ – максимальная продольная минутная подача стола на данном станке, мм/мин.

Исходя из данных, приводимых в справочной и другой литературе по режимам обработки, в качестве эталонных условий здесь взято следующее:

– обрабатываемый материал – закаленная и незакаленная углеродистая и конструкционная сталь;

– шлифовальные круги имеют зернистость 50-40 и твердость СМ1-СМ2.

При этих условиях $C_N = 1,3$; $r = 0,75$; $x = 0,85$; $y = 0,7$.

Тогда

$$N = 1,3 \cdot v^{0,75} \cdot t^{0,85} \cdot s^{0,7} \quad \text{кВт.} \quad (13.64)$$

Используя соотношение $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$, можно получить

$$N = 1,3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \right)^{0,75} \cdot t^{0,85} \cdot s^{0,7} \quad \text{кВт.} \quad (13.65)$$

Анализ математической модели, уточненной для эталонных условий, аналогично произведенному для токарной обработки, приводит к выводу, что величина максимизируется при подстановке в формулу (13.62) максимально возможных значений d , s , $n_{\text{д}}$ и подстановке величины t , определенной из первого ограничения.

Заменяя в первом ограничении знак «меньше или равно» знаком равенства, полагая величину коэффициента полезного действия передачи примерно равной 0,97 и используя выражение (13.65), получаем

$$t = \frac{117 \cdot N^{1,18}}{d^{0,88} \cdot n_{\text{д}}^{0,88} \cdot s^{0,82}} \quad \text{мм.} \quad (13.66)$$

Подставляя последнее выражение в целевую функцию и используя показатель $S_{\text{м}} = S \cdot n_{\text{д}}$, получим

$$V = 360 \cdot N_{\text{пр}}^{1,18} \cdot S_{\text{м}}^{0,18} \cdot d^{0,12} \cdot n_{\text{д}}^{-0,06} \quad \text{мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.67)$$

откуда максимальная минутная производительность (квалимощность) станка

$$V_{\text{м}} = 0,36 \cdot N_{\text{пр}}^{1,18} \cdot S_{\text{м max}}^{0,18} \cdot d_{\text{max}}^{0,12} \cdot n_{\text{д max}}^{-0,06} \quad \text{см}^3/\text{мин.} \quad (13.68)$$

Обычно продольная подача (скорость автоматического перемещения стола) приводится в м/мин., то

$$V_m = 1,25 \cdot N_{\text{пр}}^{1,18} \cdot S_{\text{мт}}^{0,18} \cdot d_{\text{мах}}^{0,12} \cdot n_{\text{д мах}}^{-0,06} \quad \text{см}^3/\text{мин.}, \quad (13.69)$$

где $S_{\text{мт}}$ – наибольшая скорость перемещения стола, м/мин.

Таблица 13.5 – Исходные данные и квалимощность круглошлифовальных станков

Модель станка	Мощность двигателя главного движения $N_{\text{пр}}$, кВт	Наибольшая скорость стола $S_{\text{мт}}$, мм/мин.	Наибольший диаметр заготовки $d_{\text{мах}}$, мм	Наибольшая частота вращения детали $n_{\text{д мах}}$, об/мин.	Квалимощность V_m , см ³ /мин.
ЗА10П	0,75	2	100	800	1,07
ЗБ10	0,6	1,25	100	1000	0,82
ЗБ12	3	5	200	780	7,70
ЗЕ12	3	2	200	1000	6,45
ЗА141	4	4	400	375	11,7
ЗБ153	5,5	5	140	800	15,1
ЗБ151	7,5	6	200	840	23,6
ЗА161	7,5	6	280	400	25,5
ЗА172	25	2,5	400	90	103
ЗА174	25	2,5	800	80	113
ЗУ10В	1,1	1	100	950	1,61
ЗА110В	2,2	2,2	140	1000	4,36
ЗМ150	4	4	100	1000	9,40
ЗЭ110М	3	1,5	140	800	5,93
ЗМ153	7,5	5	140	1000	21,5
ЗМ151	10	5	200	500	32,7
ЗМ151Ф2	15,2	5	200	500	53,7
ЗУ12В	5,5	5	200	90	15,6
ЗУ131М	5,5	5	280	400	17,0
ЗМ163В	13	5	280	620	45,6
ЗУ142	7,5	5	400	300	21,6
ЗМ174Е	30	5	400	180	138
ЗМ194	25	3,7	560	120	112
ЗМ197	25	3,7	800	80	120

13.6.4. Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом

Объем металла, снимаемого за одну минуту, определяется по формуле

$$V = v_{\text{д м}} \cdot s \cdot t \quad \text{мм}^3/\text{мин.}, \quad (13.70)$$

где $v_{д м}$ скорость поступательного движения заготовки (скорость продольного перемещения стола), мм/мин; s – продольная подача (перемещение шлифовального круга в направлении его оси на каждый ход стола), мм; t – глубина шлифования, мм.

Эталонные условия: обрабатываемый материал – незакаленная сталь, шлифовальный круг с зернистостью 50 и твердостью С1.

Таблица 13.6 – Исходные данные и квалимощность плоскошлифовального станка с прямоугольным столом

Модель станка	Мощность двигателя главного движения $N_{пр}$, кВт	Наибольшая продольная скорость стола $V_{д max}$, м/мин	Квалимощность V_m , см ³ /мин.
3701	2,2	25	2,22
ЗБ70В	1,0/1,4	20	0,87/1,33
3711	2,2	25	2,22
ЗГ71	2,2	20	2,35
ЗБ722	10	40	13,1
ЗБ724	30	30	55,5
3731	5,5	25	7,0
ЗБ732	14	30	21,4
ЗЕ710А	4	35	4,30
ЗЕ710В1	1,5	25	1,37
ЗЕ711В1	4	35	4,30
ЗЕ711ВФ3-1	7,5	35	9,44
ЗЕ712ВФ3-1	7,5	35	9,44
ЗП722	15	45	21,1
ЗД722Ф2	15	35	22,4
ЗД723	17	45	24,6
ЗД725	30	30	55,5
ЗП725	30	30	55,5

Для данных условий мощность процесса шлифования определяется по формуле (Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.):

$$N = 0,59 \cdot v_{д} \cdot s^{0,8} \cdot t^{0,8} \text{ кВт.}, \quad (13.71)$$

где $v_{д}$ – скорость поступательного движения заготовки, м/мин.

Очевидно

$$v_{д м} = 1000 v_{д}. \quad (13.72)$$

Из (13.71), подставляя $N_{пр} \cdot \eta$ вместо N и придавая η значение 0,97, получим

$$t = \frac{1,85 \cdot N_{пр}^{1,25}}{v_{д}^{1,25}} \text{ мм.} \quad (13.73)$$

Из (13.71), (13.72) и (13.73) получается

$$V = \frac{1850 \cdot N_{\text{пр}}^{1,25}}{v_{\text{д}}^{0,33}} \quad \text{мм}^3/\text{мин.} \quad (13.74)$$

Максимально возможная минутная производительность станка (квали-мощность или максимальная квалипроизводительность станка) определяется по формуле

$$V = \frac{1,85 \cdot N_{\text{пр}}^{1,25}}{v_{\text{д max}}^{0,33}} \quad \text{см}^3/\text{мин.}, \quad (13.75)$$

где $v_{\text{д max}}$ – максимальная скорость продольного перемещения стола на данном станке, м/мин.

13.7. Определение использования квалимощности станка

13.7.1. Общие положения

Максимальная квалипроизводительность (квалимощность) станка, определенная указанным выше способом, на практике может обеспечиваться (достигаться) лишь в течение ограниченного интервала фактического времени резания.

Кроме времени непосредственного осуществления процесса обработки, необходимы еще затраты времени для установки и снятия изделия и другие – в соответствии с составом технически обоснованной нормы оперативного времени на операцию по известной формуле

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}}, \quad (13.76)$$

где $t_{\text{оп}}$ – норма оперативного времени на операцию; t_{o} – основное время; $t_{\text{в}}$ – вспомогательное время.

Пренебрегая временем врезания и пробега будем считать, что процесс резания осуществляется в течение всего основного времени.

Максимальная длительность времени процесса резания наряду с режимами процесса определяется максимально возможной длиной обрабатываемой поверхности: для токарных станков – максимальным расстоянием между центрами, для сверлильных – максимальным перемещением сверлильной головки и наибольшим ходом шпинделя, для фрезерных – максимальным продольным перемещением стола и т.д.

Поэтому следует различать:

- теоретическую квалимощность станка;
- действительную квалимощность станка;

- фактическую квалимощность станка;
- минутную квалимощность станка.

Теоретическая квалимощность станка соответствует его максимальной минутной квалипроизводительности и характеризуется значением V_m .

Действительная квалимощность станка отличается (меньше) от теоретической тем, что учитывает ограниченность максимальной длины обработки на каждом конкретном станке, и, следовательно, соответствующие дополнительные затраты времени, в течение которого не происходит процесс обработки.

Если L – максимально возможная длина обработки, S'_{\max} – максимальная для данных условий минутная подача, то время резания

$$t_{o \max} = \frac{L}{S'_{\max}}. \quad (13.77)$$

При этом для станков, у которых подача устанавливается ее минутной величиной, $S'_{\max} = S_{\max}$. Если же подача характеризуется ее величиной на оборот шпинделя, то

$$S'_{\max} = S_{\max} \cdot n_{\text{опт}}, \quad (13.78)$$

где $n_{\text{опт}}$ – число оборотов шпинделя в минуту, соответствующее оптимальной для данного диаметра обработки скорости резания – $v_{\text{опт}}$, то есть

$$n_{\text{опт}} = \frac{v_{\text{опт}} \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (13.79)$$

где D – диаметр обрабатываемой детали на токарном станке или диаметр сверла, мм.

Действительная квалимощность определяется по формуле

$$V_d = \frac{V_m \cdot t_{o \max}}{t_{o \max} + t'_b}, \quad (13.80)$$

где t'_b – условное вспомогательное время, учитывающее смену изделий с максимально возможной длиной обработки.

Определение величины t'_b представляет проблему, так как она не должна зависеть от конкретных изделий, обрабатываемых на данном станке. Решение этого вопроса требует дальнейшей теоретической разработки, но существенно важным является то, что практическое использование понятия действительной квалимощности оказывается возможным, как показано ниже, и без определения величины V_d .

Минутная квалипроизводительность станка обозначает качественно измеренный объем металла (квалиобъем металла), снимаемого за 1 минуту процесса обработки.

Квалиобъем снимаемого металла измеряется соответствующим ему объемом металла, снимаемого при эталонных условиях обработки. Перевод реаль-

ного объема металла, снимаемого в определенных конкретных условиях, в квалиобъем представляет проблему, решение которой для практического использования будет являться следующим этапом разработок в данном направлении.

При проектировании технологических процессов для определенного материала конкретной детали (заготовки) и определенного вида обработки на операции подбирается определенный инструмент, и устанавливаются режимы обработки: глубина резания – t , подача – s , скорость резания – v , частота вращения шпинделя – n . Исходя из размеров обрабатываемой поверхности и режимов, рассчитывается основное время – t_o .

Для определения квалиобъема снимаемого металла следует при тех же размерах заготовки и детали предположить наличие эталонных условий обработки и установить для них режимы резания: глубину – $t_э$, (зачастую, когда обработка и в реальных условиях и в эталонных условиях происходит за один проход, глубина резания остается без изменений, то есть $t_э = t$), подачу – $s_э$, скорость – $v_э$ и частоту оборотов шпинделя – $n_э$. Объем, полученный при данных режимах за время обработки t_o , и будет искомым квалиобъемом. Пример такого расчета приведен ниже.

Принципом третьего подхода к определению квалиобъема снимаемого металла является равенство величин работ для реальных и эталонных условий.

Фактическая квалипроизводительность станка учитывает необходимые затраты вспомогательного времени и определяется по формуле

$$V_{\phi} = \frac{V_k \cdot t_o}{t_{оп}}. \quad (13.81)$$

Целесообразно устанавливать квалиметрические показатели использования станка при обработке определенных деталей при

- коэффициенте использования теоретической квалимощности

$$\eta_t = \frac{V_k}{V_m}, \quad (13.82)$$

- коэффициенте использования действительной квалимощности

$$\eta_d = \frac{V_{\phi}}{V_d}. \quad (13.83)$$

Соответствующие преобразования приводят к зависимости

$$\eta_d = \frac{V_k \cdot t_o}{V_m \left(t_o + \frac{L}{l} \cdot t_b \right)}, \quad (13.84)$$

где L – максимально возможная длина обработки на данном станке; l – длина обработки на данной детали.

13.7.2. Пример расчета

Пусть на токарном станке 16К25 обрабатывается вал (черновое наружное точение). Материал заготовки – сталь 40ХМВА, прокат. Диаметр заготовки – 100 мм. Вал закреплен в патроне, обработка идет с незакрепленной стороны на длине 150 мм, диаметр после обработки – 92 мм. Обработка производится одним инструментом. Инструмент – проходной резец с пластиной из твердого сплава Т15К6, главный угол в плане – 75°. Расчет режимов производим по справочнику (Справочник технолога-машиностроителя, т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., М.: Машиностроение, 1986. 496 с.):

$t = 4\text{ мм}; s = 0,9\text{ мм/об.}$

Скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot k_v, \quad (13.85)$$

где $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$. Стойкость инструмента взята $T = 60$ мин.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nb} \cdot k_{ub} \cdot k_\phi, \quad (13.86)$$

где $k_{mv} = 0,9$; $k_{nb} = 0,9$; $k_{ub} = 1$; $k_\phi = 0,8$.

$k_v = 0,648$; $v = 129 \cdot 0,648 = 83,4\text{ м/мин.}$

$$t_o = \frac{l}{s \cdot n} = \frac{150}{0,9 \cdot 276} = 0,60\text{ мин.}$$

Для эталонных условий $k_v = 1$; $t_3 = 4$; $s_3 = 1$; $v_3 = 122\text{ м/мин.}$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 122}{3,14 \cdot 96} = 405\text{ об/мин.}$$

$$V_t = V_k \cdot t_o = \pi \cdot d \cdot t \cdot s \cdot n \cdot t_o\text{ мм}^3, \quad (13.87)$$

где V_t – квалиобъем снимаемого металла за время t_o ;

$$V_k = 3,14 \cdot 96 \cdot 4 \cdot 405 = 488232\text{ мм}^3/\text{мин.};$$

$$V_t = 293\text{ см}^3.$$

По таблице 13.6 находим квалимощность станка 16К25, $V_m = 668\text{ см}^3/\text{мин.}$

Коэффициент использования теоретической мощности в данном случае составит:

$$\eta_t = \frac{488}{668} = 0,71.$$

Для справки: истинный, геометрически рассчитанный объем снимаемого металла в данном примере равен 181 см^3 .

Изложенный квалиметрический метод показывает, что для объективной оценки производительности металлорежущих станков и производственной мощности механических цехов и участков, а также для объективной оценки их использования в многономенклатурном производстве возможно и целесообразно применение квалиметрического подхода и квалиметрических показателей, в основе которых находится понятие квалиобъема металла, снимаемого при обработке резанием.

Квалиметрически измеренный объем снимаемого металла позволяет устанавливать максимально возможную производительность (квалимощность) металлорежущих станков, исходя из небольшого количества (2-4) основных показателей качества (потребительных свойств) содержащихся в их паспортных данных. Главным из этих показателей является энергетическая мощность привода главного движения. Существенным является то, что квалимощность станка является объективным показателем его качества, независимым от конкретных условий его работы в какой-либо данный момент.

Для нескольких наиболее распространенных в многономенклатурном производстве групп станков разработаны зависимости (формулы) для определения квалимощности, проведены расчеты и приведены значения величин квалимощностей для станков более ста моделей.

Представляется целесообразным рекомендовать разработчикам и изготовителям металлорежущих станков рассмотреть вопрос о включении в паспортные характеристики станков показателя квалимощности.

Для практического применения квалиметрического анализа использования производственных мощностей металлорежущих станков, участков и цехов требуется разработка соответствующей методики, теоретические основы которой и примеры нормативной базы представлены в данном разделе.

Глава 14. Инженерно-квалиметрический показатель производственной мощности

14.1. Производственная мощность предприятия машиностроения

В соответствии с установившимися принципами в Российской Федерации принято определение: «Под производственной мощностью предприятия (его подразделения) понимается расчетный максимально возможный объем выпуска продукции в единицу времени при наиболее полном использовании производственного оборудования и площадей по прогрессивным нормам, передовой технологии и организации производства». (Политехнический словарь. М., 1989).

Из определения следует необходимость иметь:

- перечень видов продукции по номенклатуре и ассортименту;
- учетную единицу времени, соответствующую нормативно-законодательным требованиям статистики и управления;
- полный перечень видов действующего оборудования, обеспечивающего производственный цикл изготовления изделий, включаемых в производственную программу анализируемого предприятия;
- структуру всех предприятий и организаций, находящихся в кооперации с анализируемым предприятием;
- производственные площади с количественными архитектурно-планировочными данными;
- энергетические источники, обеспечивающие максимально возможное производственное функционирование предприятия;
- производственный персонал, способный обеспечить максимально возможный выпуск продукции;
- систему норм и нормативов для расчета максимальной производственной мощности, удовлетворяющей стратегическим задачам целеполагания, стратегического планирования и прогнозирования, предусмотренным Законом от 28 июня 2014 г. №172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»;
- целевые программы передовой технологии и организации производства, обеспечивающие максимально возможный выпуск предусмотренной продукции;
- метод расчета производственной мощности, основанный на научно обоснованных критериях и количественных показателях, адекватно отражающих инженерно-квалиметрическую сущность производства;
- алгоритмы и программы автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР).

Основные понятия, сопряженные с производственной мощностью

Наиболее существенные термины и их определения, необходимые для пояснения обобщающего понятия «производственная мощность».

Производственная структура – комплекс входящих в предприятие производственных единиц (цехов, служб), их соотношение и взаимосвязь. Меняется с изменением форм управления, взаимосвязей внутри отраслей и корпораций.

Производственная программа – плановое задание или договорные обязательства по производству и реализации продукции установленной номенклатуры и качества.

Производственный цикл – период времени от момента запуска исходного сырья, материалов и полуфабрикатов в производство по установленному на данном предприятии технологическому процессу до полного изготовления и сдачи продукции на склад. Производственный цикл определяется для изделия в целом, его составных частей и деталей, и характеризуется длительностью цикла и структурой цикла, под которой понимается соотношение между длительностью операций и временем перерывов в цикле.

Производственная среда – совокупность материально-пространственных условий деятельности людей в производственной сфере, складывающаяся из имеющихся в наличии промышленных зданий и сооружений, оборудования, транспорта и других компонентов. Обычно говорится о производственной среде на предприятии, в цехе, лаборатории, фирме, отделе и т.п. Совершенствование производственной среды совместными усилиями инженеров, архитекторов и художников-конструкторов направлено на комплексное решение экономических, научно-технических, социальных и эстетических задач, на создание оптимальных условий труда, обеспечивающих его высокую производительность и привлекательность.

Производительность оборудования – количество продукции (работы), производимой в единицу времени на данном оборудовании в соответствии с его конструктивными особенностями, технической характеристикой и определенными организационными и производственными условиями. Производительность оборудования измеряется в тоннах, штуках, метрах и т.д., отнесенных к единице времени, то есть производительность оборудования – это удельная величина. В соответствии с результатами инженерно-квалиметрического анализа производства деталей машин наиболее точными показателями производительности оборудования являются параметры: квалишт/час, кваликг/час, квалиметр/час, квалим²/час, квалим³/час и другие квалиметрические единицы измерения в соответствии с инженерно-квалиметрическими величинами качества, например, квалитекс – величина качества нитей в текстильном производстве.

14.2. Производственные параметры мощности

При расчетах производственной мощности за единицу времени принимаются 1 час и 1 год. При этом общее годовое время подразделяется на календарное, номинальное и действительное.

Календарное (максимально возможное для работы предприятия) время, когда всё имеющееся оборудование и производственные площади используются во все календарные дни в три смены, то есть 24 часа в сутки, и 365 (366) дней в году. Годовой календарный (максимально возможный) ресурс времени $365 \times 24 = 8760$ часов.

Номинальное (номинально определенное для работы предприятия) время, когда всё имеющееся оборудование и производственные площади используются во все календарные рабочие дни года с суточным фондом времени, предусмотренным техническими характеристиками оборудования, то есть календарный суточный фонд времени для одних видов оборудования принят 24 часа, для других – 16 часов, для третьих – 10 часов и т.д., при числе календарных дней в году, например, 277 календарных дней. В этом случае номинальное время по типам оборудования составит:

I оборудование – 6648 часов;

II оборудование – 4432 часов;

III оборудование – 2770 часов.

Номинальное время указывается в учетном паспорте оборудования.

Действительное время – это продолжительность времени работы предприятия, его подразделений, рабочих мест на предприятии, производственного оборудования, энергетических источников, транспортных средств, информационных каналов, фактически использованное в производственной среде и зафиксированное количественно в документообороте.

Показатели и их параметры, необходимые для расчетов комплексного квалиметрического показателя производственной мощности предприятия, исходят из общего экономического понятия «производительные силы труда», которое определяется следующими факторами:

- численностью персонала и уровнем их производственной компетенции;
- количеством и качеством параметров труда;
- размерами и комплексом удобств производственных помещений для реализации совокупности рабочих мест;
- количеством и эксплуатационными свойствами технологического оборудования;
- энергетическими источниками и необходимым разнообразием их видов и мощностей;
- величиной технологического оснащения;

– проектно-конструкторской, технологической и нормативно-управленческой документацией.

При инженерно-квалиметрическом методе расчета производственной мощности будем исходить из ряда важных постулатов:

– спрос (c) и предложение (n) на изготавливаемые изделия совпадают, то есть все, что изготавливается, полностью реализуется в системе потребления, и функция желательности принимается равной 1, то есть $d_{cn} = 1$;

– производственная дисциплина персонала, обеспечивающего мощность предприятия, по функциям желательности ее составных частей принимается равной единице, то есть $D_p = \sqrt{d_{тр} \cdot d_{тех} \cdot d_{ур}} = 1$, где $d_{тр}$ – состояние трудовой дисциплины; $d_{тех}$ – состояние технологической дисциплины; $d_{ур}$ – состояние управленческой дисциплины;

– показатели качества всех составных частей и единиц оборудования, энергетических источников, технологического оснащения, выражаемые долговечностью, надежностью и ремонтпригодностью количественно выражаются функциями желательности, равными единице.

14.3. Математическое представление показателя производственной мощности

В системе управления производственной средой одним из современных методов математической теории оптимальных процессов является всемирно известный «принцип максимума» выдающегося советского математика Л.С. Понтрягина, сформулированный как принцип управляющих действий: для многих управляемых систем может быть построен такой процесс регулирования, при котором само состояние системы в каждый данный момент подсказывает наилучший с точки зрения всего процесса способ действий. (Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. М.: Дело. 2003.С.185).

Если рассматривать отдельное производственное рабочее место, в котором функционирует оператор (работник) станка с числовым программным управлением, как единичную производительную силу, то это будет простой объект. В каждый данный момент можно определить его положение в производственной среде, допустим: время начала и конца работы, потребляемую электрическую энергию, количество обработанных деталей. Эти три величины – фазовые координаты единичного процесса в производственном цикле. Различные управляющие действия оператора – это управляющие параметры. Совокупность этих параметров (ограниченных определенной областью управления) называется собственно управлением; траектория действий, зафиксированная документально, – фазовая траектория.

Задача оптимального управления состоит в том, чтобы выбрать такие управляющие параметры, которые обеспечат наиболее быстрый результат в виде изготовленных деталей с квалитетическими параметрами, соответствующими общей целевой функции производственного цикла.

Принцип максимума Понтрягина определяет математические условия, необходимые для того, чтобы управление оказалось оптимальным, причем без предварительного определения оптимальной траектории, а путем последовательного регулирования данного процесса. Задачи экономики значительно сложнее технических задач хотя бы потому, что трудовые процессы в производственной среде характеризуются огромным числом фазовых координат, многими управляющими параметрами. Однако, как показано в предыдущих главах, справиться с множеством параметров в производственном цикле изготовления деталей машин позволяет инженерно-квалитетический метод моделирования с тем, чтобы управление оказалось более оптимальным.

Изложенный принцип максимума в математической теории оптимальных процессов позволяет выразить показатель производственной мощности в виде математической формулы:

$$P_k = \frac{U_{\max}}{t_k}, \quad (14.1)$$

где U_{\max} – максимально возможная величина производства полезности (блага), количественно выраженная в принятых для расчетов единицах измерения за период t_k ; t_k – календарное время продолжительности производственного процесса (час, сутки, месяц, квартал, год).

Максимально возможная величина производства полезности

$$U_{\max} = Q_{\max} \times \eta, \quad (14.2)$$

где Q_{\max} – максимально возможный выпуск изделий, предусмотренный программой (планом, обязательствами) производства данного предприятия за период календарного времени, выраженный в квалитетических единицах; η – функция желательности (коэффициент полезности действий) всех фазовых координат управления производственным циклом; $\eta = 1 \div 0$, определяется путем расчетов как среднегеометрическая величина частных функций желательности.

Разновидности расчетных показателей производственной мощности

В основе понятия «производственная мощность» употреблены слова «максимальный» и «возможный», а политехнический словарь добавляет слово «расчетный». Следовательно, должны существовать: 1) метод расчета максимальной мощности; 2) метод расчета возможной мощности (приближающейся,

но не достигающей максимума); 3) метод расчета действительной мощности (приближающейся или превосходящей возможную величину).

Для практических расчетов введем показатели:

P_k – календарная мощность;

P_n – номинальная мощность;

$P_{\text{п}}$ – программная мощность;

P_d – действительная мощность.

Календарная (максимально возможная) производственная мощность определяется при условии, если всё имеющееся оборудование и производственные площади используются во все календарные дни года в три смены, то есть календарный суточный фонд времени принят равным 24 часам и год 365 или 366 дням.

Номинальная производственная мощность определяется при условии, если всё имеющееся оборудование и производственные площади используются во все календарные рабочие дни года с суточным фондом времени, предусмотренным техническими характеристиками оборудования и его паспортом, то есть календарный суточный фонд времени для одних видов оборудования принят равным 24 часам, для других – 16 часов, для третьих – 10 часов и т.д. при числе дней в году, например, 277 календарных рабочих дней.

Программная (плановая) производственная мощность определяется при условии, если всё имеющееся оборудование и производственные площади используются во все рабочие дни года с суточным фондом времени, предусмотренным планом на данный плановый период, то есть календарный суточный фонд времени для каждого вида оборудования предусматривается планом с учетом технических возможностей, исправления технологически неизбежного брака, простоев, связанных с ремонтом, и другими причинами, зафиксированными в плане. Программная производственная мощность может быть входной и выходной.

Действительная производственная мощность определяется на начало или конец какого-либо периода по фактическому выпуску продукции в единицу времени с обязательным учетом по каждому оборудованию фактического числа рабочих дней в году и фактического суточного фонда времени.

Производственная мощность является переменной величиной. Она меняется в течение планового года. Плановая и действительная мощности определяются на две даты: входная на 1 января расчетного года, выходная – на 1 января следующего года. Входная мощность указывает, чем предприятие располагает на начало планируемого года, выходная – с какими возможностями предприятие выйдет или выходит на конец расчетного и начало следующего года.

При определении входной мощности ликвидация «узких мест» и несоответствий между производственными подразделениями и группами оборудования должно проводиться с учетом:

а) внедрения оргтехметроприятий, которые могут быть осуществлены в течение первого квартала текущего года без дополнительных капитальных вложений;

б) внедрения прогрессивных технологических процессов, не требующих изготовления сложной оснастки;

в) повышения производительности оборудования за счет его модернизации;

г) увеличения количества оборудования или замены имеющегося оборудования более производительным, за счет оборудования, имеющегося на складе, а также излишнего и недостаточно используемого в других сопряженных производственных подразделениях;

д) перераспределения работ между отдельными видами и группами оборудования и между подразделениями;

е) возможного увеличения сменности работы оборудования и использования производственных площадей, лимитирующих выпуск продукции.

Выходная производственная мощность рассчитывается с учетом:

а) намеченной при определении входной мощности ликвидации «узких мест»;

б) ввода производственных мощностей в новых подразделениях;

в) ввода в действие производственных мощностей в реконструируемых и расширяемых действующих подразделениях;

г) прироста производственных мощностей в действующих подразделениях за счет осуществления организационно-технических мероприятий;

д) выбытия мощностей в результате полного и частичного прекращения производства при условии, что размеры выбывающих видов оборудования и производственных зданий со сроками их выбытия согласованы со смежными организациями и поставщиками ресурсов.

Прирост производственных мощностей действующих подразделений за счет осуществления организационно-технических мероприятий определяется на основании плана мероприятий, проводимых в течение года по участкам и агрегатам, по которым в соответствии с инструкцией определяется производственная мощность.

К таким организационно-техническим мероприятиям (в современных терминах – инновации) относятся механизация и автоматизация производства, усовершенствование технологического процесса, установка нового и замена устаревшего оборудования, инструментов и приспособлений, модернизация и реконструкция действующего оборудования и агрегатов, проведение специали-

зации и улучшение кооперирования производства; улучшение качества и состава применяемого сырья, повышения организации труда и производства и др.

Увеличение объема производства, достигнутое за счет проведения организационно-технических мероприятий (инноваций) по ликвидации «узких мест», направленных на освоение утвержденной производственной мощности, не считается приростом производственной мощности.

Для определения соответствия производственной программы имеющейся производственной мощности исчисляется среднегодовая мощность. При равномерном наращивании производственной мощности на протяжении года в результате роста производительности труда на базе инноваций (лучшего использования техники производства, усовершенствования технологических процессов, внедрения организационно-технических мероприятий и рационализации производства, при равномерном пополнении оборудованием) среднегодовая мощность определяется как полусумма входной и выходной мощности.

Степень использования производственной мощности определяется коэффициентом использования производственной мощности, рассчитывается по формуле:

$$\eta_p = \frac{P_d}{P_k}, \quad (14.3)$$

где P_d – действительная среднегодовая мощность, P_k – календарная среднегодовая мощность.

Кроме того могут быть рассчитаны номинальный и плановый коэффициенты использования производственной мощности.

При расчетах производственной мощности одновременно с определением коэффициента использования среднегодовой мощности определяются также средние коэффициенты загрузки оборудования во времени. Коэффициент загрузки оборудования определяется путем деления трудоемкости, необходимой для изготовления продукции на данном оборудовании или их группе, по принятой мощности или по плану производства на действующий годовой фонд времени работы оборудования при трехсменном режиме работы.

Производственная мощность может определяться в квалитоннах для литейных цехов, в квалиштуках модельных комплектов для модельных цехов, в физических тоннах для плавильных цехов, в физических кубометрах для землеприготовительных цехов, в квалиштуках инструментов для инструментальных цехов, в кваликилограммах снимаемого металла и в квалиштуках для механических цехов, в кваликватратных метрах листа для листоштамповочных цехов, в квалитоннах для кузнечных и горячештамповочных цехов.

Производственная мощность подразделения определяется по мощности ведущих участков или агрегатов с учетом сложившейся кооперации и мер по

ликвидации «узких мест». Величина производственной мощности устанавливается по загрузке того участка или агрегата, который имеет наивысший коэффициент загрузки.

Под «узким местом» понимается отставание пропускной способности отдельных групп оборудования, агрегатов или производственной мощности отдельных участков, поточных линий от пропускной способности основной части ведущего оборудования, выполняющего основные технологические операции по изготовлению готовой продукции.

Для проверки соответствия пропускной способности ведущих подразделений или агрегатов предприятия и принятия мер к ликвидации «узких мест» проводятся расчеты мощностей остальных сопряженных с ведущим подразделением производственных и вспомогательных участков или хозяйств. При этом в первую очередь принимаются меры по ликвидации «узких мест», направленные на выполнение заданной программы производства.

На основе этих расчетов определяются **коэффициенты сопряженности** ведущего звена производственного предприятия и остальных производственных подразделений как отношение мощности ведущего подразделения, участка или агрегата к мощности остальных подразделений, участков, агрегатов. Если при этом будут выявлены несоответствия (несопряженности) между мощностями отдельных подразделений, то необходимо разработать инновационные (организационно-технические) мероприятия по их устранению.

14.4. Реализация инженерно-квалиметрического расчета производственной мощности механосборочного предприятия

В этом разделе излагается метод инженерно-квалиметрического расчета потребности в ресурсах для производства изделий машиностроительного применения на стадии их конструкторского проектирования. Методология расчетов основана на изложенных ранее теоретических принципах и прикладных методах квалиметрии на примере редукторного производства, хотя цели и задачи в исследованиях охватывают широкий класс изделий, в том числе изделий специальной техники.

Выбор редукторного производства в качестве примера основан на общности машиностроительных деталей. В конструкцию редукторов входят такие детали, как зубчатые передачи, валы, имеющие различные ступени, пазы, лыски, шлицевые и резьбовые соединения, подшипники, чугунные и алюминиевые корпуса, крепежные изделия и тем самым являются представителями общемашиностроительных изделий.

Технологический процесс изготовления редукторов основывается на технологических операциях, являющихся общемашиностроительными. Состав и

структура производственного оборудования, энергетических источников, транспортных средств также идентичны общему машиностроению.

В организационном аспекте редукторное производство включает в себя все стадии конструкторско-технологического общемашиностроительного проектирования, определенного стандартами ЕСКД и ЕСТПП, характерные признаки опытно-экспериментального, мелкосерийного, серийного и крупносерийного типов производства. Для исследовательских целей важным моментом является низкий уровень кооперации с другими предприятиями, что облегчает обобщение теоретических посылок и практических результатов на одном локальном машиностроительном производстве.

В связи с изложенным, методология расчета потребности в ресурсах, апробированная на примере производства редукторов, может быть распространена на все изделия машиностроения.

14.5. Инженерно-квалиметрические параметры редуктора

Типичными примерами редукторов могут быть: коробка скоростей автомобиля, мотоцикла, редуктор на строительном кране и т.д. В рассматриваемом предприятии изготавливаются одно-, двух-, трехступенчатые редукторы с цилиндрическими шестернями и колесами с прямыми и косыми зубьями, помещенными в чугунные литые корпуса, валы с колесами закреплены для вращения на шариковые и роликовые подшипники.

Инженерно-эксплуатационные характеристики редукторов определяются рядом параметров, среди которых:

P – вес редуктора, кг;

A – межосевое расстояние, мм;

$N_{\text{вых}}$ – передаваемая мощность на тихоходном валу при данном передаточном отношении, кВт;

M – крутящийся момент на тихоходном валу, Нм;

i – передаточное отношение редуктора;

D – коэффициент функции желательности ($D = \sqrt{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 \cdot d_5 \cdot d_6}$), изменяющийся по шкале от 1 до 0, где

d_1 – уровень долговечности, рассчитываемый по слабому звену в механизме редуктора и рассчитываемый через отношение минимальной продолжительности работы механизма в часах к максимально возможной продолжительности работы сильного звена механизма;

d_2 – уровень ремонтпригодности, рассчитываемый как отношение количества квалиметрически исчисленных деталей, поставляемых в запас и унифицированных с основными деталями, например, подшипники, крепеж, к общему количеству квалиметрически исчисленных деталей редуктора;

d_3 – уровень внешнего и эстетического вида редуктора;

d_4 – уровень качества упаковки;

d_5 – уровень надежности консервации;

d_6 – уровень транспортабельности редуктора от производителя до потребителя.

Уровни желательности d_3, d_4, d_5, d_6 определяются экспертами в соответствии со специальными шкалами баллов.

Примеры характеристик редукторов даны в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Инженерно-технические характеристики редукторов

Типоразмер	Передаточное число (отношение)	Крутящий момент на тихоходном валу, Нм	Мощность на выходном валу
ЦУ-100 (1ЦУ-100)	2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3	250	$P_{\text{вых}} = (M_{\text{вых}} \cdot N_{\text{вх}}) / (9740 \cdot U)$, кВт, где $M_{\text{вых}}$ – крутящий момент на выходном валу редуктора, Нм; $N_{\text{вх}}$ – частота вращения входного вала, об/мин; U – передаточное число редуктора
ЦУ-160 (1ЦУ-160)		1250	
ЦУ-200 (1ЦУ-200)		2500	
ЦУ-250 (1ЦУ-250)		5000	
1Ц2У-100	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40	315	
1Ц2У-125		630	
1Ц2У-160		1250	
1Ц2У-200		2500	
1Ц2У-250		5000	
1Ц3У-160 (1Ц3У-160М)	31,5; 40; 45; 50; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200	1250	
1Ц3У-200 (1Ц3У-200М)		2500	
1Ц3У-250 (1Ц3У-250М)	16; 20; 25; 31,5; 40; 45; 50; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200	5000	
1Ц3У-315 (1Ц3У-315М)	50; 63; 80; 100; 125; 160; 200	8000...10000	
1Ц3У-355 (1Ц3У-355М)	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200	11200...14000	
1Ц3У-400 (1Ц3У-400М)	50; 63; 80; 100; 125; 160; 200	16000...20000	

В предыдущих разделах изложено, что в квалиметрических показателях изделий отражаются конструктивно-технологические свойства, признаки и параметры составных деталей и сборочных единиц, наиболее существенно влияющие на величину необходимых ресурсов для их производства.

Определяющий квалиметрический показатель производства детали, изготавливаемой с применением металлорежущего оборудования, рассчитывается

по рабочему чертежу как произведение единичных квалиметрических показателей по формуле:

$$K_o = K_{\phi} \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{то}, \quad (14.4)$$

где K_{ϕ} – квалиметрический показатель сложности геометрической формы детали; K_m – квалиметрический показатель массы детали; K_M – квалиметрический показатель материала детали; K_R – квалиметрический показатель шероховатости поверхности детали; $K_{то}$ – технологических особенностей детали.

* * *

Расчет перечисленных показателей выполняется по «Методике расчета квалиметрических показателей деталей и сборочных единиц в машиностроительном производстве». Для расчетов используется комплекс программ КОМПАС-3D и 2D «Автоматизированная система квалиметрического анализа производства деталей машин (АСКА)» (Свидетельство 2011619204 Российская Федерация, Автоматизированная система квалиметрического анализа машиностроительных деталей на базе САПР Компас-3D (АСКА) [программный код] /Ермилов В.В., Перовошиков Ю.С. ; заявитель и патентообладатель Ермилов В.В., Перовошиков Ю.С. (RU). – № 2011617387 ; заявл. 04.10.2011 ; зарег. 29.11.2011, Реестр программ для ЭВМ).

* * *

В качестве примера квалиметрического анализа производства представлен сводный поддетальный расчет параметров редуктора цилиндрического одноступенчатого АБВГ30315.04СБ (изометрический чертеж на рисунке 14.1. Редуктор в сборе). (Приложение 15).

Квалиметрическая масса обрабатываемого материала (условно снимаемой стружки) рассчитывается по формулам:

– для деталей массой до 1 кг

$$K_{mq} = m^{0,08} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)^{0,28} \cdot e^{0,2(1-m)} \cdot K_m \cdot K_{\phi} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{то}; \quad (14.5)$$

– для деталей массой свыше 1 кг

$$K_{mq} = m^{0,243} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)^{0,63} \cdot K_m \cdot K_{\phi} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{то}, \quad (14.6)$$

где η – коэффициент использования материала (КИМ), определяемый отношением массы детали к массе заготовки.

Остальные показатели те же.

Результаты расчета квалиметрических показателей даны на примере деталей редуктора: вал-шестерня АБВГ.721422 и колесо зубчатое АБВГ.721482.094 с оформленными на них «Технико-экономическими картами». (Приложения 5,6).

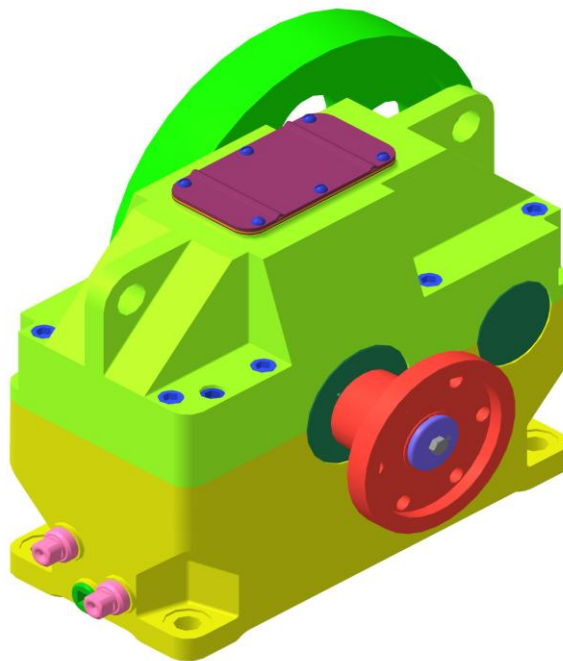


Рисунок 14.1 – Редуктор в сборе

14.6. Квалиметрически исчисленная номенклатура продукции редукторного предприятия

В соответствии с разъяснениями словарей «номенклатура (лат. *nomenclatura* роспись имен) совокупность или перечень названий, употребляющихся в какой-либо отрасли науки, искусства, техники и т.д.» в рассматриваемом примере – это перечень изделий, входящих в годовой план производства редукторного предприятия. Примем исследуемый год производства предприятия ABC «Редуктор» за базовый и перечислим номенклатуру редукторов в квалиметрическом исчислении (Приложение 16).

Одним из фундаментальных понятий в научно-практических исследованиях принято считать термин «база» (франц. *base* от греч. *basis*), то есть основание, основа. В теории квалиметрии и ее прикладных методиках показатель «базовая величина» является той основой, на которой развивается динамика событий, отражаемая квалиметрическими параметрами одного или нескольких свойств продукции. Существенное значение в квалиметрическом анализе машиностроительного производства приобретает показатель «базовая деталь», деталь-представитель, квалиметрически приведенная деталь – деталь, которая отражает конструктивные, технологические, габаритные и другие характеристики группы изделий. Базовая деталь применяется и для определения квали-

метрически исчисленной программы производства, особенно при проектировании предприятия и его подразделений.

Рассматриваемое предприятие АВС «Редуктор» в принципе есть базовое предприятие для изучения прикладных методов квалиметрии в отражении их в базовых машиностроительных технологических, организационных, информационных условиях.

Для того, чтобы зафиксировать историю развития предприятия, берется определенный интервал от начала производства (опытного образца) до становления устойчивого функционирования всей производственной системы, и фиксируется это состояние в качестве базы для прогнозирования будущего развития предприятия. Имеются данные статистики развития редукторного предприятия за 20 лет от его базового состояния. Базовое состояние номенклатуры продукции в квалиметрическом исчислении позволяет множество параметров развития предприятия количественно представить квалиметрическими величинами.

14.7. Ресурсы оборудования для производства изделий

Первичными документами для определения потребности в оборудовании являются: паспорт оборудования, ведомость производственного оборудования, зафиксированного на 1 января базового года. По каждой единице наличного оборудования в распоряжении исследователя должны быть следующие данные:

Наименование показателей	Значение показателя для единицы оборудования
Инвентарный номер	03272
Наименование оборудования	Токарно-винторезный
Тип, марка или модель	16K2M
Занимаемая площадь, мм×мм	3080×1565
Категория ремонтной сложности механической части (ЕРСМ)	19
Категория ремонтной сложности электрической части (ЕРСЭ)	9
Установленная мощность электродвигателей, кВт	10
Возможный номинальный суточный фонд времени работы, станко-час	I тип 6600
Год ввода в производство	1989
Номер на планировке	58

Техническая характеристика:	универсальный
наибольшая длина обрабатываемого изделия L	710 мм
высота оси центров над плоскими направляющими станины	215 мм
пределы чисел оборота шпинделя	12,5÷1600 об/мин
пределы подач: продольных	0,05÷2,8 мм/об
поперечных	0,025÷1,4 мм/об
Габариты станка $L \times a \times b$	2505×1198×1500
Масса станка ($L = 2505$)	2835 кг

Данные по инвентарным номерам позволяют сгруппировать все оборудование по их функциональному назначению с целью использования обобщенных групповых параметров в квалиметрическом анализе производственной мощности для базового года и прогнозных расчетов возможного развития на будущий период. Для рассматриваемого предприятия АВС «Редуктор» результаты обобщения представлены в таблице 14.2.

Расчет потребности в оборудовании для производства изделий в прогнозируемые годы связан с определением механовооруженности труда, под которой понимается отношение количества оборудования, исчисленного в единицах ремонтной сложности к числу основных и вспомогательных рабочих.

Исследования за ряд лет в АВС «Редуктор» статистических данных о численности производственного персонала и использованном оборудовании позволили выразить взаимосвязь удельной трудоемкости от механовооруженности труда эмпирической формулой:

$$T_q = 1,2M_t^{-0,856}, \quad (14.7)$$

где T_q – удельная трудоемкость производства изделия, чел.час/квалишт; M_t – механовооруженность труда, ерс/чел.

Эмпирическое уравнение получено методом регрессионного анализа с коэффициентом корреляции $r = 0,75$ к ошибке аппроксимации $\varepsilon = 12,7\%$. Они означают, что для целей прогнозирования полученное уравнение приемлемо.

Из приведенного уравнения механовооруженность труда можно выразить путем его преобразования следующей зависимостью:

$$M_t = e^x, \quad \text{где} \quad x = \frac{0,182 - \ln T_q}{0,856},$$

$$M_t = e^{\frac{0,182 - \ln T_q}{0,856}}. \quad (14.8)$$

Таблица 14.2 – Функционально-квалиметрическая структура производственного оборудования предприятия АВС «Редуктор» на 1 января базового года (базовая структура)

№ п/п	Наименование функционально-квалиметрических групп оборудования	Физических единиц, шт.	Единиц ремонтной сложности, ЕРС	ЕРС физической единицы	% к итогу ЕРС
1	Токарная	352	9629,5	27,36	21,03
2	Сверлильно-расточная	138	2234,5	16,19	4,88
3	Шлифовальная и заточная	193	3500,5	18,14	7,65
4	Зубообрабатывающая	318	8540,4	28,86	18,44
5	Фрезерная	152	4514,0	29,70	9,86
6	Отрезная, долбежная, протяжная	48	722,1	15,04	1,58
7	Агрегатное оборудование и автолинии	308	6637,3	21,55	14,50
8	Кузнечнопрессовое	119	1582,5	13,30	3,46
9	Литейное оборудование	55	730,4	13,28	1,59
10	Деревообрабатывающее	22	186,0	8,45	0,41
11	Прочее оборудование	165	1209,0	7,33	2,64
12	Транспортные средства	635	5465,3	8,61	11,94
13	Электрооборудование	58	621,2	10,71	1,36
14	Ванны	17	204,0	12,00	0,79
	Всего	2580	45776,9	сред.17,74	100

Сопоставление объема выпуска редукторов в квалиметрическом исчислении и затрат времени всеми производственными работниками (основные плюс вспомогательные рабочие) в соответствии с табельным учетом в базисном году даст удельную трудоемкость

$$T_{q_6} = \frac{T_6}{Q_6} = \frac{6266,1}{54487676} = 0,115 \frac{\text{чел.час}}{\text{кв.шт.}}$$

Примем для прогнозируемых лет следующие условия:

- численность производственных рабочих не увеличивается;
- количество прогнозируемой продукции выражается в штуках по номенклатурным обязательствам и в квалиштуках для прогнозных расчетов.

Принятые условия позволяют определить удельную трудоемкость производства изделий по общему квалиметрическому показателю производства.

Принятые условия для прогнозирования развития предприятия ставят производственную среду в жесткие ограничения и требуют компенсировать снижение удельной трудоемкости производства изделий путем увеличения ме-

хановооруженности и энерговооруженности труда с тем, чтобы рост номенклатурного выпуска изделий был, безусловно выполнен при соответствующем росте производительности труда.

Взаимосвязь роста производительности труда и снижения трудоемкости продукции вычисляется следующей формулой:

$$\Delta P = \frac{\Delta T_q \cdot 100}{100 - \Delta T_q}; \quad \Delta T_q = \frac{\Delta P \cdot 100}{100 + \Delta P}, \quad (14.9)$$

где ΔP – прирост производительности труда к базовому году, %; ΔT_q – снижение удельной трудоемкости по сравнению с базисным годом, %.

Снижение удельной трудоемкости ΔT_q в производстве редукторов задается исходя из намеченного на прогнозные годы номенклатурного плана производства изделий в квалитетическом исчислении и постоянства численности производственных рабочих, тогда на ряд лет мы получим ряд снижения удельных величин (таблица 14.3).

Таблица 14.3 – Изменение удельной трудоемкости

Наименование показателей	Базовый	Прогнозируемые годы				
	05	06	07	08	09	10
Удельная трудоемкость T_q , чел. час/кв.шт	0,115	0,1105	0,1054	0,0968	0,0910	0,0893
Снижение удельной трудоемкости ΔT_q , %	–	3,913	8,348	15,83	20,87	22,35
Рост производительности труда производственных рабочих, %	–	4,07	9,11	18,81	26,37	28,78

Рост производительности труда требует значительного увеличения количества оборудования (станков, агрегатов, транспортных средств, автоматизированных механизмов, устройств и т.п.). Необходимо количественно выразить потребность в оборудовании исходя из ранее приведенного соотношения удельной трудоемкости и механовооруженности труда, то есть рассчитать количество оборудования по формуле, например, для базового года (05)

$$M_t = e \frac{0,182 - \ln T_q}{0,856} = e \frac{0,182 - \ln 0,115}{0,856} = 15,49 \frac{\text{е.р.с}}{\text{чел.}}$$

Для прогнозируемого года (07) при заданном уровне удельной трудоемкости $T_{q_{06}} = 0,1054$ чел. час/кв.шт механовооруженность труда будет

$$M_t = e^{\frac{0,182 - \ln T_q}{0,856}} = e^{\frac{0,182 - \ln 0,1105}{0,856}} = 16,21 \frac{\text{е.р.с}}{\text{чел.}}$$

Общая потребность в оборудовании, выраженная в единицах ремонтосложности (е.р.с) определяется как произведение механовооруженности труда и численности производственных рабочих:

$$N_{\text{е.р.с}} = M_{\text{т}} \cdot Ч, \quad (14.10)$$

где $M_{\text{т}}$ – механовооруженность труда, е.р.с/чел.; $Ч$ – численность производственных рабочих, чел.

Расчеты для прогнозируемых годов сведем в таблицу 14.4.

Таблица 14.4 – Показатели механовооруженности труда для прогнозирования потребности в производственном оборудовании

Наименование показателей	Единицы измерения	Прогноз потребности оборудования по годам					
		05 базовый	06	07	08	09	10
Удельная трудоемкость производства	$\frac{\text{чел. час}}{\text{кв. шт}}$	0,115	0,1105	0,1054	0,0968	0,0910	0,0893
Механовооруженность труда	$\frac{\text{е.р.с}}{\text{чел.}}$	15,44	16,21	17,13	18,93	20,34	20,78
Численность производственных рабочих	чел.	3412	3412	3420	3421	3434	3435
Общее количество оборудования, установленного на рабочих местах	е.р.с	54401	55308	58585	64760	69847	71379

Прогнозирование инженерно-квалиметрических параметров производства, ориентированных на снижение технологической трудоемкости и рост производительности труда, неизбежно требует обновления и модернизации оснащения каждого рабочего места. Об этом свидетельствует расчет механовооруженности труда, квалиметрический показатель которого увеличивается с 15,49 е.р.с до 20,78 е.р.с. Следовательно, необходимо обеспечить рост оснащения производственного рабочего места в среднем в $20,72:15,49 = 1,314$ раза. Такого роста можно добиться обновлением старого оборудования, автоматизацией управления оборудованием и введением многостаночного обслуживания, повышением профессионального уровня рабочих и инженерного

персонала. Для этих целей потребность оборудования следует определять дифференцированно по технологическим группам в соответствии с наименованиями групп, выделенных в базисном году (05) (см. таблицу 14.2).

Потребность оборудования по технологической группе рассчитывается по формуле

$$N_{\text{е.р.с.гр}} = \frac{\sum \text{ЕРС} \cdot K_{\text{гр}}}{100}, \quad (14.11)$$

где $\sum \text{ЕРС}$ – общая потребность в оборудовании, е.р.с; $K_{\text{гр}}$ – доля определенной технологической группы оборудования в общей потребности, %.

Например, доля токарной группы оборудования в базовом (05) году составляет 21,03%, следовательно, количество токарной группы будет $54401 \times 0,210 = 11424$ е.р.с. Если учесть, что в базовом году одна физическая единица оборудования в токарной технологической группе представляла квалиметрическую сложность 27,36 единиц ремонтосложности (е.р.с механической + е.р.с электрической части), то для рассматриваемого планового года количество токарной группы оборудования будет $11424 : 27,36 = 418$ физ. единиц.

Подробные расчеты необходимо выполнить по всем выделенным технологическим группам и свести в единую таблицу:

Таблица 14.5 – Потребность в оборудовании по технологическим группам предприятия АВС «Редуктор»

Наименование технологической группы оборудования	Единицы измерения	Прогнозируемые годы					
		05 база	06	07	08	09	10
1	2	3	4	5	6	7	8
Токарная	е.р.с	11424	11955	12666	13997	15095	15438
	шт.	418	437	463	512	552	564
Сверлильно-расточная	е.р.с	2659	2774	2939	3248	3503	3582
	шт.	164	171	182	201	216	221
Шлифовальная и заточная	е.р.с	4162	4349	4608	5092	5491	5616
	шт.	229	240	254	281	303	309
Зубообрабатывающая	е.р.с	10032	10483	11106	12273	13236	13537
	шт.	348	363	385	425	459	469
Фрезерная	е.р.с	5364	5605	5939	6563	7077	7238
	шт.	181	189	200	221	238	244

Продолжение таблицы 14.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Протяжная, долбежная	е.р.с	859	875	928	1025	1105	1130
	шт.	57	58	62	68	73	75
Агрегатные станки, автолинии	е.р.с	7888	8243	8733	9651	10408	10644
	шт.	366	383	405	448	483	494
Кузнечнопрессовая	е.р.с	1882	1967	2084	2303	2483	2540
	шт.	142	148	157	173	187	191
Литейное	е.р.с	865	904	958	1058	1141	1167
	шт.	65	68	72	80	86	88
Деревообрабатывающее	е.р.с	223	233	247	273	294	301
	шт.	26	28	29	32	35	36
Прочее технологическое оборудование	е.р.с	1436	1501	1590	1757	1895	1938
	шт.	196	205	217	240	258	264
Транспортные средства	е.р.с	6474	6788	7191	7947	8571	8765
	шт.	752	788	835	923	995	1018
Электрооборудование	е.р.с	740	773	819	605	976	998
	шт.	69	72	76	84	91	93
Ванны	е.р.с	397	398	421	466	505	515
	шт.	33	33	35	39	42	43
Всего	е.р.с	54401	56848	60229	66558	71780	73409
	шт.	3046	3183	3372	3727	4018	4109
Съем продукции с установленного оборудования	квашт.	1001,6	999,5	991,54	977,09	975,5	902,7
	е.р.с						

Примечание: при расчете физических единиц оборудования средняя ремонтосложность в е.р.с принята неизменной на уровне базового года. При проектировании конкретных технологических рабочих мест ремонтосложность оборудования должна быть принята в соответствии с паспортными данными станков и иных видов оборудования

Из таблицы 14.5 видно, что съем продукции с производственного оборудования, выраженный как отношение продукции в квалиметрических единицах (квалиштуках) к установленному технологическому оборудованию (единицы ремонтосложности), снижается. Съем продукции с единицы оборудования в базовом году 1001,6 квашт/е.р.с и на 5-й прогнозируемый год (10) этот показа-

тель равен 902,7 квашт/е.р.с. Снижение съема продукции с единицы оборудования составит $(902,7:1001,6) \times 100 = 90,03\%$, то есть снижение составляет 10%.

Однако снижение на 10% съема с оборудования обеспечивает рост производительности живого труда на 28,78% (таблица 14.3).

14.8. Энергетические ресурсы предприятия

К энергетическим ресурсам, необходимым для функционирования производственной среды, относятся: электроэнергия, топливо, пар, вода, сжатый воздух и др. В рассматриваемом примере дается расчет потребности в электроэнергии, воде, паре, сжатом воздухе на основе нормативов ресурсов на планируемый объем выпуска изделий в квалиметрическом измерении. Расчет ведется по формуле:

$$\Xi = \Xi_q \times Q, \quad (14.12)$$

где Ξ_q – энергопотребность производства соответствующего вида ресурсов (норматив ресурсов на 1 квашт); Q – планируемый выпуск изделий, квалиштук.

Нормативы электро-паро-воздухо-водо потребности выводятся на основе изучения фактических затрат за ряд предыдущих лет функционирования производства данного предприятия. Например, математическая обработка статистических данных за ряд прошлых лет производства редукторов дает следующие величины удельного расхода энергетических ресурсов:

- электропотребность 0,8 квт·час/квалишт;
- паропотребность 0,035 м³/квалишт;
- воздухопотребность 0,0011 тыс.м³/квалишт;
- водопотребность 0,03 м³/квалишт.

Если принять на период прогнозирования приведенный удельный расход электро-паро-воздухо-водо ресурсов за норматив, то не составляет трудности рассчитать общую потребность в ресурсах на прогнозируемый период производства изделий. Разумеется, потребность в энергоресурсах может изменяться в зависимости от многих технологических и организационных инноваций, но в рассматриваемом примере учитывается лишь прогнозируемая программа выпуска изделий, исчисленная в квалиметрических единицах. При указанных условиях потребность в энергетических ресурсах для предприятия ABC «Редуктор» представлена в таблице 14.6.

Следует отметить, что потребность в энергетических ресурсах не ограничивается приведенными видами. К числу других могут быть отнесены: топливо по его разновидностям первичного учета, горючесмазочные материалы, химические препараты, различные вспомогательные материалы по их учетным

единицам и т.п. Важно отметить методическую ценность квалиметрического исчисления выпускаемых изделий, которая позволяет построить достоверную инженерно-квалиметрическую нормативную базу удельных величин потребности в ресурсах, отнесенных к единице продукции, выраженной в квалиметрических единицах.

Таблица 14.6 – Потребность в энергоресурсах предприятия ABC «Редуктор»

Наименование технологической группы ресурсов	Единицы измерения	Прогнозируемые годы					
		05 база	06	07	08	09	10
Выпуск изделий	квашт	54487676	56817800	59719738	65032930	69435670	70779940
Потребность: электроэнергии	кВт час	43590140	454549240	47775790	52026344	55548534	56623392
пара	м ³	198707	198862	209019	227615	243025	247727
сжатого воздуха	тыс.м ³	54996	62499	65692	71536	76379	77857
воды технической	м ³	1634630	1704534	1791592	1450988	2083079	2123377

14.9. Технологическая оснащенность производства

В справочнике «Экономические показатели промышленности» (Смирницкий Е.К. Экономические показатели промышленности. Справочник. 3-е издание, переработанное и дополненное. М.: Экономика. 1989) введен показатель «коэффициент технологической оснащенности производства», определяемый по каждому изделию отношением количества единиц (наименований) применяемой технологической оснастки, приспособлений, штампов, кондукторов, режущего и измерительного инструмента (основного и вспомогательного) к общему количеству оригинальных деталей (включая унифицированные), входящих в данное изделие. Числовые значения показателя технологической оснащенности рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$K_{\text{то}} = \frac{m_o}{\Pi_o}, \quad (14.13)$$

где m_o – количество единиц (наименований) применяемых в технологическом процессе изготовления изделия, единиц наименований; Π_o – число оригинальных деталей, входящих в изделие, шт.

Рекомендуемый принцип в своей сущности действительно отражает значение оснащенности производства. Однако точность его сомнительна. Прежде всего, число оригинальных деталей не отражает, как было показано в предыдущих главах книги, совокупность свойств, определяющих качественную характеристику каждой оригинальной детали. Квалиметрическое исчисление оригинальных деталей позволяет количественно уравнивать совокупность свойств, следовательно, можно суммировать детали по их квалиметрическим параметрам. То же самое можно отметить по поводу суммы всех наименований видов оснастки. Изложенные замечания позволяют применять квалиметрический метод для количественных расчетов технологической оснащенности производства, как отдельных деталей, так и сборочных единиц и в целом изделий. При этом расчет квалиметрического показателя технологической оснащенности будет выполняться по формуле:

$$K_{\text{то}} = \frac{\sum K_{\text{о}_i}}{Q_{\text{и}}}, \quad (14.14)$$

где $K_{\text{о}_i}$ – обобщенный квалиметрический параметр i -го вида технологической оснастки, квалишт; $Q_{\text{и}}$ – квалиметрический параметр изделия, квалишт.

Приведенный метод расчета технологической оснащенности позволяет количественно и достаточно достоверно решать ряд задач анализа качества технологии производства.

Задача определения оснащенности новых изделий в зависимости от стадии конструкторско-технологической разработки во времени может решаться сначала укрупненно (при предварительных расчетах), а затем уточняться по мере разработки технической документации.

Практика предприятий показывает, что укрупненные предварительные расчеты потребности в оснащении корректируются в процессе освоения серийного производства, поэтому окончательная потребность уточняется в процессе всего освоения серийного производства и наиболее точно известна после окончания освоения.

Таким образом, задача освоения потребности в технологической оснастке на новые изделия представляет собой сложный динамический процесс, когда по мере уточнения наших знаний о конструкции, технологии и особенностях производства изделия уточняются объемы требуемого для него инструментального оснащения. Уровень технологической оснащенности в значительной степени оказывает влияние на трудоемкость, себестоимость, качество машин, а также сроки их освоения.

На ранней стадии проектирования изделий, когда конструктивная разработка в основном закончена, но технологические процессы еще не существуют,

потребность в оснастке определяется на основе укрупненных показателей-нормативов.

При создании нормативов должны быть учтены, кроме прочих факторов, конструкторско-технологические характеристики изделия. Это требование достигается расчетом удельной технологической оснащенности на единицу квалиметрического показателя (квашт.) изделия.

Рассмотрим пример расчета технологической оснащенности деталей редуктора Ц2У-200, изготавливаемых в АВС «Редуктор»:

- корпуса-123001, квалиметрический параметр $Q_{\text{и}} = 63,37$ квашт.;
- крышки-123002, квалиметрический параметр $Q_{\text{и}} = 30,87$ квашт.

С этой целью изучены техпроцессы на указанные детали. Из техпроцессов по операциям выбран по шифрам режущий, мерительный инструмент, приспособления. На указанную технологическую оснастку по рабочим чертежам произведен расчет квалиметрического показателя деталей. Результаты расчета квалиметрических показателей на режущий, мерительный инструменты, приспособления приведены в таблицах 1 и 2 Приложения 17.

Квалиметрический параметр технологической оснащенности детали корпус-123001 редуктора Ц2У-200 с $Q_{\text{и}} = 63,37$ квашт.

- по приспособлениям $K_{\text{тоип}} = \frac{827,76}{63,37} = 13,06$;
- по режущему инструменту $K_{\text{тоир}} = \frac{79,98}{63,37} = 1,26$;
- по мерительному инструменту $K_{\text{тоим}} = \frac{77,66}{63,37} = 1,23$.

Квалиметрический параметр технологической оснащенности детали крышка-123002 редуктора Ц2У-200 с $Q_{\text{и}} = 30,87$ квашт.

- по приспособлениям $K_{\text{тоип}} = \frac{539,41}{30,87} = 15,47$;
- по режущему инструменту $K_{\text{тоир}} = \frac{45,92}{30,87} = 1,49$;
- по мерительному инструменту $K_{\text{тоим}} = \frac{44,44}{30,87} = 1,44$.

По данным таблиц 14.7, 14.8 оснащенность приспособлениями на корпусные детали редуктора будет равна:

а) корпус-732115

$$K_{\text{топ}} = \frac{827,76}{63,37} = 13,06;$$

б) крышка-732184

$$K_{\text{топ}} = \frac{539,41}{30,87} = 17,47; \quad \text{средний } K_{\text{топ}} = \frac{1367,17}{94,24} = 14,51.$$

Оснащенность режущим инструментом:

а) корпус-732115

$$K_{\text{тор}} = \frac{79,98}{63,37} = 1,26;$$

б) крышка-732184

$$K_{\text{тор}} = \frac{45,92}{30,87} = 1,49;$$

$$\text{средний } K_{\text{тор}} = \frac{125,9}{94,24} = 1,34.$$

Оснащенность мерительным инструментом:

а) корпус-732115

$$K_{\text{том}} = \frac{77,66}{63,37} = 1,23;$$

б) крышка-732184

$$K_{\text{том}} = \frac{44,44}{30,87} = 1,44;$$

$$\text{средний } K_{\text{том}} = \frac{122,1}{94,24} = 1,30.$$

Таким образом, на основе квалиметрического метода в виде опыта определена удельная технологическая оснащенность в производстве деталей редуктора Ц2У-200. По классификатору ЕСКД рассмотренные детали относятся к классу 732115 и 732184 – детали не тела вращения корпусные, с поверхностями разъема, с одной поверхностью разъема, параллельной основной базе с двумя отверстиями для деталей опорных.

Для планирования развития мощностей инструментального производства в соответствии с заданной программой выпуска следует знать годовые нормативы выхода оснастки из строя по их группам (мерительный, режущий инструмент и т.д.), то есть необходимо рассчитать нормы расхода инструмента на 1000 квалиштук деталей основного производства. В будущем можно провести исследование, позволяющее перевести физические штуки технологической оснастки в квалиштуки, исходя из определенной структуры инструмента, разработанной для каждой группы деталей классов 70, кодируемых по ЕСКД.

Выполненные расчеты позволяют получить средние значения технологической оснащенности производства изделий (таблица 14.7).

Таблица 14.7 – Нормативы технологической оснащенности крупносерийного производства деталей (фрагмент проекта)

Код ЕСКД	Наименование деталей	Приспособления		Режущий инструмент		Мерительный инструмент	
		$K_{\text{топ}}$	доля специальных	$K_{\text{тор}}$	доля специальных	$K_{\text{том}}$	доля специальных
732100	Детали не тела вращения, корпусные с поверхностью разъема	14,0÷15,0	0,01-0,02	1,2-1,5	0,5-0,6	1,0-1,3	0,5-0,8
...

14.10. Показатели производственной мощности предприятия ABC «Редуктор»

Применением квалиметрического метода анализа производственной структуры и ее активной части на примере производственной среды редукторного предприятия можно рассчитать мощность в квалиметрических показателях, то есть в показателях качества функционирования производственного цикла, выраженных материально-энергетическими числовыми величинами. Как было показано ранее, необходимо рассчитать базовые и прогнозируемые значения «максимально возможного объема выпуска продукции в единицу времени при наиболее полном использовании производственного оборудования и площадей по прогрессивным нормам, передовой технологии и организации производства». Следовательно, следует рассчитать мощность:

- календарную – максимально-возможную;
- номинальную;
- плановую;
- действительную.

Прежде всего, необходимо зафиксировать действительную мощность и фактическую характеристику производственной среды количественными квалиметрическими параметрами. Наиболее важными параметрами производственной среды предприятия ABC «Редуктор» является фонд времени работы производственных рабочих: действительный, плановый, номинальный, календарный.

Таблица 14.8 – Производственная мощность предприятия АВС «Редуктор» в базисном году

Показатели мощности предприятия	Количество суток в год	Суточный фонд, час.	Годовой фонд, час.	Мощность, квашт./год	Коэффициент использования мощности
Действительная	277	11,13	3084	54487676	0,352
Плановая	277	11,28	3127	55425791	0,357
Номинальная	277	16,00	4432	78329348	0,506
Календарная (максимально возможная)	365	24,00	8760	154820645	1,000

При определенных условиях и максимальном использовании суточного фонда времени максимально-возможная (календарная) производственная мощность предприятия составит 154820645 квалишт. деталей. Достижение такого значения возможно, если производственная среда максимально напряжена. Надежность функционирования всех факторов, безусловно, должна быть равна $\eta_{\text{над}} = 1,00$. Такое состояние практически недостижимо. Однако оно может быть принято для определения КПД действительного и прогнозируемого значения производственной мощности предприятия.

Производственная мощность может определяться по особым методикам квалиметрического анализа для литейных подразделений предприятия в квалиметрических тоннах (кват), в квалиштуках модельных комплектов, в физических тоннах для плавильных агрегатов, в кваликубометрах для землеприготовительных участков (цехов), в кваликилограммах снимаемого металла в виде стружки для металлорежущих участков (агрегатов), в кваликватратных метрах листа для листоштамповочных участков (агрегатов), в квалитоннах для кузнечных и горячештамповочных подразделений предприятия (А.М. Макаров, Г.Е. Калинкина, Г.А. Сергеев, Т.А. Лебеденко, В.В. Ермилов, В.Ф. Овчинников). Разработка специальных методов квалиметрического анализа отдельных технологических подразделений, составляющих единый производственный цикл – это **государственная инновационная программа для решения задач, определенных ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (28 июня 2014 г. № 172-ФЗ).**

14.11. Квалиметрическая характеристика персонала

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации, принятым и введенным в действие ФЗ от 30.12.2001г. и изменениями и дополнениями, внесенными 30.06.2006г. № 90-ФЗ, первичным документом для характеристики состава работников предприятия являются персональные данные работника.

Ст. 85 Трудового кодекса Российской Федерации дает следующее определение: «Персональные данные работника – информация, необходимая работодателю в связи с трудовыми отношениями и касающаяся конкретного работника». Само понятие «персональные данные» регламентируется специальным Федеральным законом, в статье 3 которого утверждается: «персональные данные – любая информация, относящаяся к определенному или определенному на основе такой информации, физическому лицу (субъекту персональных данных), в том числе его фамилия, имя, отчество, год, месяц, дата и место рождения, адрес, семейное, социальное, имущественное положение, образование, профессия, доходы, другая информация». В понятие «другая информация» чаще всего включаются такие персональные данные, которые необходимы работодателю для полной характеристики трудоспособности и мобильности персонала в выполнении производственных и предпринимательских задач.

Работодателю и управляющему персоналу чаще всего необходимы данные об аттестациях, тестированиях (анкетированиях), о послужном передвижении, наградах, поощрениях, материалы, связанные с нарушениями трудовой дисциплины, со служебным расследованием и т.п. В этих целях с согласия работника составляется специальный документ: «Персональные данные работника» (личное дело).

Для квалитетрической характеристики персонала предприятия необходимо иметь количественные данные по следующему минимальному перечню показателей:

- возраст: до 18 лет, 18-25, 25-45, 45-50, свыше 50;
- пол: мужчины, женщины;
- образование: до 8-9 класса, общее среднее, среднее профессиональное, высшее;
- стаж работы: до 2-х лет, 2-5, 5-10, 10-20, свыше 20 лет.

В экономических расчетах квалитетрическая характеристика персонала учитывается косвенно при разработке определенных задач управления производственным циклом и загрузки конкретных рабочих мест.

Численность производственных рабочих N_p рассчитывается исходя из трудоемкости производственной программы (T) и эффективного фонда рабочего времени (Φ_p). Например, в базисном году количество продукции $Q_6 = 54487676$ квашт. И удельная трудоемкость $T_q = 0,115$ чел.час/квашт., тогда общая потребность времени составит $T = N_q \times Q_6 = 0,115 \times 54487676 = 6266,1$ тыс.чел.час. численность рабочих при эффективном фонде рабочего времени в среднем одного рабочего $N_p = 6266100:1840 = 3405$ чел.

Для определения прогнозируемой численности рабочих по профессиям необходимо воспользоваться нормативными значениями относительных тру-

доемкостей по видам работ, которые выводятся на основе изучения фактической (действительной) структуры удельных значений трудоемкости по каждой номенклатурной единице производственной программы базисного года. Исходя из этой предпосылки расчет профессиональной численности производственного персонала выполняется по формуле:

$$N_{\text{рп}} = \frac{T_{\text{oi}} \cdot T_{\text{qi}} \cdot Q_i}{\Phi_{\text{з}}}, \quad (14.15)$$

где T_{oi} – относительная трудоемкость профессии в общих трудозатратах, %; T_{qi} – удельная трудоемкость i -го изделия, чел.час/квашт; Q_i – годовой объем выпуска изделий, квашт.; $\Phi_{\text{з}}$ – действительный фонд времени одного рабочего, час.

Например, доля (T_{oi}) трудоемкости токарных работ составляет 20% в общих трудозатратах, удельная трудоемкость рассматриваемого изделия $T_{\text{qi}} = 0,115$ чел.час/квашт., годовой фонд выпуска изделий i -го наименования $Q = 54487676$ квашт., действительный фонд времени одного рабочего $\Phi_{\text{з}} = 1840$ чел. При данных параметрах численность рабочих токарной технологической группы будет

$$N_{\text{рт}} = (0,2 \times 0,115 \times 54487676) : 1840 = 681 \text{ чел.}$$

Здесь приведен упрощенный вариант расчета исходя из общей суммы трудозатрат на выпуск всех номенклатурных видов изделий. Для более точных определений численности рабочих по технологическим профессиональным группам необходимо иметь статистически достоверные квалиметрические данные по всем изделиям годового и прогнозируемого номенклатурного плана.

14.12. Инженерно-квалиметрические показатели производственной мощности

Изложенные в предыдущих главах концептуальные положения системно-кибернетической структуры жизнедеятельности общества и первичная энергоинформационная сущность трудовых процессов, исполняемых человеком-гражданином на рабочем месте, принадлежащем юридически определенной организации (предприятию) требуют количественных обобщений.

В последней главе такое обобщение выполнено под названием «Инженерно-квалиметрический показатель производственной мощности». Реализация квалиметрических расчетов на конкретных примерах дает возможность представить как типовую учебно-исследовательскую работу с обобщением итоговых данных под названием: «Инженерно-квалиметрические параметры производственной мощности предприятия ABC «Редуктор» (таблица 14.9).

Таблица 14.9 – Инженерно-квалиметрические параметры производственной мощности предприятия АВС «Редуктор»

Наименование показателя	Единицы измерения	Квалиметрические параметры (базовый и прогнозируемый годы)							
		05 база	06	07	08	09	10	за 6 лет	
Производственная мощность, выпуск изделий	шт.	374440	387550	397427	417000	439950	449000	2465367	
	квалишт.	54487676	568117800	59719738	650329930	69435670	70779240	376273054	
Коэффициент использования производственной мощности	$\frac{\text{квалишт. пр.}}{\text{квалишт. баз.}}$	1,00	1,04	1,10	1,19	1,24	1,30		
Квалиметрический параметр одной штуки	$\frac{\text{квалишт.}}{\text{шт.}}$	145,51	146,76	150,26	156,95	157,83	157,64	сред.152,62	
Разнообразие номенклатурного плана	количество наименований	16	19	30	33	25	24		
Технологическое оборудование (установленное)	физ.шт.	3046	3183	3372	3727	4018	4109		
	е.р.с	54401	56848	60229	66558	71780	73409		
Съем продукции с оборудования (удельная производительность)	$\frac{\text{квалишт.}}{\text{е.р.с}}$	1001,6	1000,5	991,5	977,09	975,49	964,18	сред.985,06	
Численность производственных рабочих	чел.	3405	3412	3420	3421	3434	3435	сред.3422	
	чел.час	6266100	6278400	6294400	6295200	6318600	6320600	сред.6296480	

Продолжение таблицы 14.9

Наименование показателя	Единицы из- мерения	Квалиметрические параметры (базовый и прогнозируемый годы)						
		05 база	06	07	08	09	10	за 6 лет
Механовооруженность труда	$\frac{\text{е.р.с}}{\text{чел.}}$	15,9	16,66	17,61	19,46	20,90	21,37	сред.18,65
Удельная электропотреб- ность производства	$\frac{\text{кВт. час}}{\text{квалишт.}}$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Технологическая потреб- ность в электроэнергии	квт. час	43590140	45454240	47775790	52026344	55548536	56623392	301018442
Установленная мощность электрооборудования	квт	36329	37878	39813	43355	46290	47185	
Электровооруженность труда	$\frac{\text{квт. час}}{\text{чел. час}}$	6,96	7,24	7,59	8,27	8,79	8,96	сред.7,97
Потребность в паре	м ³	198707	198862	209019	227615	243025	247727	1324955
Удельная паропотребность	$\frac{\text{м}^3}{\text{квалишт.}}$	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Потребность в сжатом воз- духе	тыс. м ³	59936	62499	65692	71536	76379	77857	413899
Удельная воздухопотреб- ность	$\frac{\text{тыс. м}^3}{\text{квалишт.}}$	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011

Продолжение таблицы 14.9

Наименование показателя	Единицы измерения	Квалиметрические параметры (базовый и прогнозируемый годы)						
		05 <i>баз</i>	06	07	08	09	10	за 6 лет
Потребность в технической воде	м ³	1634630	1704534	1791592	1950988	2083070	2123377	11288191
Удельная водопотребность	$\frac{\text{м}^3}{\text{квалишт.}}$	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Удельная технологическая трудоемкость изделия	$\frac{\text{чел. час}}{\text{квалишт.}}$	0,115	0,1088	0,1054	0,0968	0,0910	0,0893	сред.0,101
Численность производственных рабочих при неизменной удельной трудоемкости	$T_q = 0,115$	3412	3551	3731	4064	4340	4424	Понадобилось бы дополнительно 2985 чел.лет
Прогнозируемая экономия труда производственных рабочих	чел. час на год	–	255880	573031	1183599	1666456	1814026	5492792

Заключение

Ученые специалисты Советского Союза и Российской Федерации вот уже 50 лет изучают практику управления народным хозяйством на основе концептуальных позиций официальной политэкономии. Данные статистики народного хозяйства и валовых показателей объема продукции, производительности труда в денежном измерении, доходах и прибылях, достигаемых без особых улучшений качества продукции вызвали социальную необходимость большой группе специалистов сформироваться в особый научный коллектив: «Противозатратный метод управления народным хозяйством СССР».

Другое направление объединило энтузиастов в научном поиске методов измерения качества, названном **квалиметрией**.

Квалиметрия – это отрасль науки, расширяющая действие метрологии. Аксиология порождает квалиметрию, а метрология снабжает ее методологией измерений, поэтому квалиметрия занимается не оценкой, а измерением качества. Следовательно, ее методология и прикладные методы относятся к точным наукам, имеющим дело с мерой, применяемой для количественного отображения свойств определенного качества предмета.

В энциклопедиях отмечается, что до конца 19 в. в трактатах по метрологии под этим термином понималось описание всякого рода мер по их наименованиям, подразделениям и их взаимному отношению. Предметом описания являлись меры линейные, квадратные, кубические, вместимости, веса, времени и ценности (монеты), отличавшиеся чрезвычайным разнообразием и находившиеся в употреблении в различные времена в разных странах.

Создание метрической системы мер в эпоху французской буржуазной революции конца 19 в. было поворотным моментом в развитии метрологии. Оно привело к уничтожению в ряде стран обособленности и запущенности национальных и местных мер. Метрология, пока она сформировала Международную систему единиц, прошла долгий и трудный путь развития в разных странах. Теперь уже сложилась прикладная научная дисциплина, основывающаяся на достижениях естественных, технических и общественных наук, объектом изучения которой являются явления природы и производственные системы методами измерения широкого класса величин и использования созданных методов и средств их единства и требуемой точности. В метрологии сформировались ее теоретическая, прикладная и законодательная ветви.

Однако метрологическая система не является закрытой, она продолжает развиваться, постоянно захватывая в свою область все еще остающиеся вне ее измерительных процедур разделы экономики и социологии.

Свойство открытости метрологической системы исключительно важно для соединения экономики и метрологии. По нашему мнению связующим элементом между экономикой и метрологией выступает **квалиметрия**, как наука о методах количественного выражения качества, то есть ее измерения.

Мы в своих исследованиях исходим из того, что основные единицы метрической системы не «богом даны», а **взяты** человеком (человечеством) от себя и затем для себя овеществлены количественно в окружающих природных явлениях. Подчеркнем без доказательства наше утверждение о том, что метр – это шаг некоего стандартного человеческого организма; килограмм – это литр (дм³) воды, необходимый стандартному человеческому организму для суточного основного обмена веществ; секунда – это один цикл сокращения сердечной мышцы стандартного человеческого организма в состоянии полного покоя (состояние основного обмена).

Если приведенные утверждения верны, то прав был Протагор, которому приписывается тезис «человек, есть мера всех вещей».

Все явления природы и общества нами рассматриваются как процессы с позиций проявления трех основных законов:

вещество: закон преобразования и сохранения массы веществ;

энергия: закон преобразования и сохранения энергии;

информация: закон преобразования и накопления информации.

Всякий единичный процесс преобразования есть единство и одновременность проявления отмеченных законов.

Сравнение основных единиц с проявлениями отмеченных основных законов позволяет утверждать, что метрическая система должна быть дополнена единицами **измерения информации** в части основных единиц и через нее целой системой экономических и социальных единиц в части разделов производных единиц.

Человеческие отношения в обществе опутаны денежным «спрутом». «Деньги заколдовывают людей. Из-за них они мучаются, для них они **трудятся**. Они придумывают наиболее искусные способы получить их и наиболее искусные способы потратить их». Люди пытаются понять сущность денег и обращаются к экономическим наукам, с помощью которых выясняют, что деньги – это многофункциональный измерительный инструмент общественных отношений и, в частности, мера стоимости, средство платежа, средство обращения, средство сбережения, средство накопления, мировые цены.

Сильвио Гезель еще в 1918 г. написал издателю берлинской газеты «Цайтунг ам миттаг» письмо следующего содержания: «Несмотря на то, что народы дают священную клятву заклеить войну на все времена, несмотря на призыв миллионов: «Нет войне!», вопреки всем надеждам на лучшее будущее я

должен сказать: **если нынешняя денежная система сохранит процентное хозяйство, то я решусь утверждать уже сегодня, что не пройдет и 25 лет, и мы будем стоять перед лицом новой, еще более разрушительной войны.** (Подч. – Ю.П.).

Наибольшим препятствием для трансформирования денежной системы является тот факт, что очень немногие понимают проблему, и еще меньше знают, что существует и решение (но они и не хотят ее реализовать).

Глубокие инфляционные процессы в экономике наглядно и ощутимо демонстрируют неустойчивость всей денежной системы и дальнейшую обнаженность необходимости дифференциации функций денег и их знаков. Прежде всего, деньги испрашивают себе другой знак, отличный от рубля (копейка уже исчезла), как **меру стоимости**.

Инфляционное порождение некоторых юридических актов и норм (указов, постановлений, распоряжений, решений) органов административного управления различного иерархического уровня в последние годы изумляет думающих и впечатляет интересующихся. Вот, например, минимальный размер оплаты труда (МРОТ). Что это за мера? Какие общественные явления она может и должна измерять?

В ежедневной жизни о социальной справедливости произносится немало слов. Ни один современный политик не преминет сказать, что он привержен принципу справедливости. Однако, как только становится необходимым более конкретно решать проблемы, относящиеся к справедливости, возникают серьезные затруднения, как в теоретическом исследовании, так и в практическом осуществлении справедливости.

Когда задаешься вопросом: «А почему в Советском Союзе не получился социализм?», то вместо четкого ответа возникает другой вопрос: «Осуществилась ли справедливость в СССР?» По своей сущности справедливость означает отношения людей между собой с «правом ведающих», то есть на основе права. Из марксистской теории известно, что «по своей природе право может состояться лишь в применении равной меры» и весь обобщающий смысл правового государства заключается в «праве производителей **пропорционально** доставляемому ими труду, ...равенство состоит в том, что измерение производится равной мерой – трудом..., а труд, для того, чтобы он мог служить мерой, должен быть определен по длительности или по интенсивности, иначе он перестал бы быть мерой». (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 19. С. 19).

Таким образом, перед нами стоит главная проблема – определение меры труда, измерение его количества и качества. Без разрешения этой центральной проблемы смысл правового государства теряется, лозунг «Каждому по труду» повисает в воздухе, справедливость, сколько бы мы о ней ни говорили, остается

благим пожеланием. Но где ключ к разрешению проблемы? Он все в той же марксистской логике **меры труда**, которая может быть юридически оформлена на основе квалитетических исследований физических и информационно-психологических проявлений процессов труда человека. Этому и посвящена значительная часть нашего исследования, изложенная в учебном пособии.

Политики, за ними и экономисты, и юристы пытаются видеть справедливость в количественных денежных манипуляциях как по отношению к индивиду, так и между отдельными частями государства и между государствами. Но мы уже видели из истории, к чему приводили решения вопросов справедливости на основе теории и практики меркантилизма. Справедливые общественные отношения могут осуществляться на основе **системы мер** экономической метрологии, в которой центральное место занимают **мера труда, мера потребления, мера справедливого распределения и обмена**. Однако здесь есть такое всеобъемлющее понятие **стоимость**, которое авторами экономических исследований трактуется по-разному. Мы исходили из следующего определения: «стоимость есть отношение издержек производства к полезности». (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 19. Наброски к критике политической экономии).

В наших исследованиях значительное место уделяется измерению полезности на основе квалитетических измерителей продукции и измерителей живого и прошлого труда. Через них мы переходим к мере стоимости и количественному представлению **денежной меры** стоимости.

Доказательства наших взглядов на указанные проблемы экономических измерителей потребовали многоаспектных исследований широкого круга взаимосвязанных физико-технических, химических, биологических, трудовых, квалитетических, экономических и социальных процедур измерений в общественной жизни. Свои взгляды мы излагаем как концепцию **экономической квалитетрии**.

Квалитетрия как научный метод измерения внесет в Международную систему единиц (СИ) свои величины, единицы измерения и процедуры измерения качества труда, продукции, услуг и избавит человеческое общество от неопределенности денежных блужданий в потемках «карточной» игры обладателей правила игры. Квалитетрологи разработают стройную систему измерительных процедур раскрытия неденежной сущности понятия: «стоимость есть отношение издержек производства к полезности. Если издержки производства двух вещей одинаковы, то полезность будет решающим моментом в определении их сравнительной стоимости. Это основа – единственно правильная основа обмена. Но если исходить из нее, кто же будет решать вопрос о полезности вещи? Просто ли учитывать мнение участников обмена? Тогда **одна** сторона, во всяком случае, окажется обманутой. Или же должно существовать такое опре-

деление, которое основано на полезности, присущей самой вещи, – определение, не зависящее от участвующих сторон и остающееся для них неясным?». Фридриху Энгельсу было всего 24 года от роду, когда он ставил эти вопросы. Прошло с тех пор 170 лет. Но официально признанных в управлении народнохозяйственными процессами ответов на вопросы Ф.Энгельса нет.

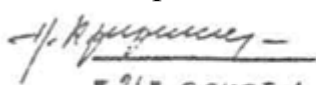
Огромное поле деятельности раскрыто для пытливых молодых умов, чтобы найти ответы на вопросы Ф.Энгельса, и тем самым коллективными усилиями утвердить во всех областях общественной жизни **квалиметрический метод управления**.

Квалиметрия вопреки всему развивается, об этом свидетельствуют научные труды и публикации, в частности, предлагаемая вниманию читателей и исследователей данная книга. Мы с благодарностью отмечаем геройский поступок инженера-полковника, доктора экономических наук, выпускника Московской инженерно-строительной академии им. В.В. Куйбышева – Гарри Гайковича Азгальдова, выдвинувшего и обосновавшего основные принципы квалиметрии как науки и практической методологии управления процессами трудовой деятельности общества.

Следует особо отметить активное участие в развитии наших исследований заместителя директора Всероссийского научно-исследовательского института стандартизации (ВНИИС СССР), доктора экономических наук В.И. Сиськова, по инициативе которого было проведено обсуждение наших исследований на специальной сессии научно-технического совета Государственного комитета по стандартизации СССР, о чем свидетельствует его решение.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Председателя
Госстандарта СССР

 Н.С.Круглов
"21" декабрь 1990 г.

РЕШЕНИЕ

Секции «Проблемы комплексного анализа,
оценки качества продукции и противозатратного
механизма хозяйствования» Научно-технического
Совета Госстандарта СССР
от 14 ноября 1990 г.

Секция, заслушав и обсудив доклад Ю.С. Перевощикова, д.э.н., профессора, зав. кафедрой Удмуртского Государственного университета «Методика

квалиметрической оценки качества продукции и затрат труда и предложения по стандартизации этих методов», отмечает, что трудовая теория потребительной стоимости, являясь методологической основой противозатратной (трудосберегающей) системы социалистического хозяйствования, в своей практической реализации требует количественных методов анализа качества производственного процесса и его конечного результата – продукции.

Разработанный группой ученых и специалистов нескольких отраслевых институтов и предприятий квалиметрический метод анализа машиностроительного производства расширяет область практического применения принципов и методов квалиметрии, тем самым развивает комплексную систему управления качеством продукции.

В предложенных методических и нормативно-справочных документах на основе теории квалиметрии введены новые для теории и практики технико-экономического планирования машиностроительного производства показатели: квалиметрический показатель производства детали, сборочной единицы и изделия, квалиметрический показатель эксплуатации изделий, квалиметрический объем выпуска изделий; предложенный и практически опробованный критерий количественного выражения сложности конструкции изделий, механовооруженности труда и производства, технологической оснащенности и энерговооруженности труда и производства, соответствующие удельные квалиметрические показатели трудоёмкости, материалоемкости, энергоёмкости и себестоимости производства; обоснованы методы расчета производительности труда и производственной мощности цехов, производств и предприятий на основе исчисления объема выпуска изделий в квалиметрических единицах.

На основе квалиметрического анализа качества производства разработана автоматизированная система расчетов показателей качества и потребности в ресурсах для производства изделий на стадиях их конструкторского и технологического проектирования.

Предложенные в методических разработках квалиметрические показатели опробованы на ряде предприятий с положительными результатами.

Секция НТС Госстандарта СССР, отмечая актуальность проблемы, теоретическую обоснованность и необходимость применения квалиметрического подхода к совершенствованию системы управления качеством производства продукции,

ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Считать, что разработанные и опробованные на практике методические документы по квалиметрическому подходу и совершенствованию техни-

ко-экономического анализа машиностроительного производства соответствуют целям и задачам противозатратной (трудосберегающей) системы социалистического хозяйствования.

2. Широкое развитие изысканий в области квалиметрии и распространение ее идей на технико-экономическую деятельность в промышленном производстве требует решения ряда задач по стандартизации методов квалиметрического анализа производства, в связи с чем считать необходимым организовать временный творческий коллектив под научным руководством д.э.н., проф. Перовщикова Ю.С. и поручить в течение 1990-1994 гг.:

а) подготовить терминологические стандарты по квалиметрии производства в увязке их с терминологическими стандартами по управлению качеством продукции;

б) разработать руководящие методические материалы (РММ) по расчету квалиметрических показателей производства и эксплуатации изделий с определением порядка их отражения в стандартах ЕСКД и ЕСТД;

в) разработать методы количественного расчета сложности конструкции изделий с отражением ее значения в соответствующих документах и стандартах ЕСКД;

г) подготовить предложения по отражению в картах технического уровня и качества продукции квалиметрических показателей производства и эксплуатации изделий;

д) разработать методы расчета потребности в ресурсах (материалах, энергии, рабочей силе, оборудовании, производственных площадях) для производства изделий на стадии их проектирования с использованием методов расчета квалиметрических показателей;

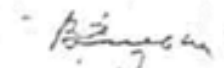
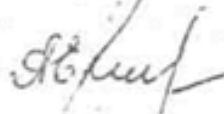
е) подготовить предложения по совершенствованию межотраслевых методик расчета производственной мощности машиностроительных предприятий и их подразделений;

ж) разработать методологические основы систем норм и нормативов технико-экономического взаимодействия предприятий-производителей и предприятий-потребителей;

з) разработать на основе квалиметрического подхода структуру и содержание автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР) на примере отдельных изделий и их комплексов, позволяющей соединить САПР и АСУП в единую систему.

3. Рекомендовать д.э.н., профессору Ю.С. Перовщику подготовить доклад «Проблемы коренной перестройки экономических измерений в народно-хозяйственном комплексе СССР».

Просить редакцию журнала «Стандарты и качество» довести до сведения читателей подробное изложение обсуждения на секции НТС поставленных вопросов и открыть на страницах журнала специальный раздел, посвященный проблемам применения метрологии и квалиметрии в экономике.

Председатель секции НТС д.э.н., профессор		В.Н. Бобков
Ученый секретарь секции		А.Б. Железова

Публикуемые результаты исследования в определенном смысле являются итоговым отчетом выполнения задач, выдвинутых 25 лет назад по теме: «Проблемы комплексного анализа, оценки качества продукции и противозатратного механизма хозяйствования».

Трудности постперестроечной общественной жизни в Российской Федерации создавали у автора чувства пессимизма, преодолению которых помогали морально-дружеские отношения доктора экономических наук В.Н. Бобкова, доктора экономических наук С.С. Губанова.

Подготовка учебного пособия сопровождалась активным участием сотрудников Института экономики и управления: кандидата экономических наук А.В. Аношина, кандидата экономических наук Д.Г. Максимова, ведущего инженера А.В. Ашихмина, специалиста Е.А. Баженовой, взявшей на себя заботы по подготовке рукописи к изданию, сотрудника Н.А. Дьяконовой, чья многолетняя работа с автором принесла положительные результаты. Особое значение имеют исследовательские проекты В.Ф. Овчинникова, включенные в главу 13, и Г.А. Юркунс, обобщенные в главе 14.

Рекомендации для студентов и специалистов, интересующихся квалиметрией

Внимательный читатель, обучающийся по экономическим и инженерным направлениям, найдет удовлетворительный ответ на ряд вопросов, среди которых:

1. Что является основой общественной организации труда в условиях коллективного характера проявления индивидуальных процессов труда.
2. Какова элементарная форма общественной организации труда в условиях современного способа производства.
3. Что такое затраты живого труда. Можно ли их выразить количественно, не прибегая к денежному исчислению.
4. Какова взаимосвязь понятий «измерение труда» и «редукция труда».
5. Какова сущность экономических категорий производительная сила и производительность труда применительно к единичному процессу труда.
6. О сущности понятия «трудоемкость». Не является ли она категорией, относящейся и к технологии производства, и к экономике труда, и к экономической теории, и к социологии.
7. Через какие конкретные факторы организации труда действует объективно первый экономический закон – закон экономии рабочего времени.
8. Каков механизм проявления закона экономии рабочего времени в первичном звене производства – на рабочем месте.
9. Можно ли построить инженерно-квалиметрическую модель рабочего места.
10. Как рассчитать производственную мощность предприятия.

Студенты (бакалавры, магистры), аспиранты, научные исследователи, практические специалисты найдут в книге ответы на многие теоретические и практико-методологические вопросы как в проблематике квалиметрии, так и в ее прикладных направлениях.

Контрольные вопросы для проверки компетенций

Знание стандартизованных терминов и их определений.

А. Экономика труда

1. Организация труда.
2. Разделение труда.
3. Кооперация труда.
4. Метод труда.
5. Рабочее место.

6. Организация рабочего места.
7. Обслуживание рабочего места.
8. Нормирование.
9. Дисциплина трудовая.
10. Стимулирование труда.
11. Условия труда.
12. Специальная оценка условий труда.
13. Процедуры идентификации потенциально вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте.
14. Аттестация и сертификация рабочих мест.
15. Тяжесть трудового процесса.
16. Напряженность трудового процесса.
17. Штучно-калькуляционная норма времени трудового процесса.
18. Единицы измерения затрат основного труда: человеко-час, нормо-час, трудочас.

Б. Квалиметрия

19. Квалиметрия как отрасль науки и метод измерения качества.
20. Изделие (по ГОСТ 15895-77).
21. Свойства продукции.
22. Качество продукции.
23. Показатель качества продукции.
24. Признак продукции.
25. Параметр продукции.
26. Единичный квалиметрический показатель.
27. Комплексный квалиметрический показатель.
28. Определяющий квалиметрический показатель.
29. Интегральный квалиметрический показатель.
30. Измерительный метод определения квалиметрического показателя.
31. Регистрационный метод определения квалиметрического показателя.
32. Расчетный метод определения квалиметрического показателя.
33. Органолептический метод определения квалиметрического показателя.
34. Экспертный метод определения квалиметрического показателя.
35. Социологический метод определения квалиметрического показателя.
36. Годная продукция.
37. Дефектное изделие.
38. Качество труда работника.
39. Квалиметрический показатель труда работника.
40. Единичный квалиметрический показатель детали машины.

41. Общий квалиметрический показатель детали машины.
42. Квалиметрический объем выпуска продукции.
43. Квалиметрическая величина удельной трудоемкости производства детали.

Темы курсовых и выпускных квалификационных (дипломных) проектов и работ

Тема. Проектное управление развитием

1. Объекты проектной деятельности.
2. Поэтапность и последовательность проектирования.
3. Состав и виды научно-технической документации в проектировании.

Тема. Управление инновационным развитием производства

1. Инженерно-квалиметрические параметры плана развития.
2. Организационно-управленческие предложения по реализации прогнозируемого сбыта изделий (продукции).
3. Кооперация по обеспечению ресурсами производства.
4. Программа взаимосвязей по инновационным проектам оборудования, технической оснастки и производственно-сбытовой инфраструктуре.
5. Установление норм использования труда.
6. Создание благоприятных условий труда.

Тема. Управление персоналом предприятия

1. Инженерно-квалиметрические параметры производства.
2. Состав и структура рабочих мест производственного подразделения.
3. Персональная характеристика функционирования рабочих мест.
4. Набор персонала, создание резерва потенциальных кандидатов по всем управленческим рабочим местам.
5. Система заработной платы и мотивационных стимулов для достижения инновационных целей.
6. Методы оценки инновационных успехов по целевым направлениям.

Тема. Управление качеством производства

1. Инженерно-квалиметрические параметры производства.
2. Квалиметрический анализ действующего производства выбранного изделия (класса, подкласса, группы, вида).
3. Определение, описание, количественное представление квалиметрических параметров изделия в соответствии с ГОСТ 15467-79 (2009).

4. Выбор показателей и характеристик изделия, являющихся квалиметрическим объектом управления.
5. Разработка системы управления квалиметрическим параметром изделия в инновационном проекте развития.
6. Структура и состав квалиметрических удельных норм и нормативов экономического обоснования эффективности производства изделия.
7. Интегральный квалиметрический параметр изделия.

Тема. Издержки производства в себестоимости изделия

1. Инженерно-квалиметрические параметры производства.
2. Выбор калькуляционной единицы себестоимости изделия.
3. Классификация и калькулирование затрат на производство и реализацию продукции.
4. Выбор метода расчета себестоимости изделия.
5. Группировка издержек по статьям и элементам затрат.
6. Создание удельных норм и нормативов калькулирования себестоимости на основе инженерно-квалиметрических параметров изделия.
7. Расчет себестоимости изделия в соответствии с количеством его выпуска, предусмотренным в прогнозируемые годы.

Тема. Квалиметрический проект рабочего места

1. Инженерно-квалиметрические параметры деталей, изготавливаемых на рабочем месте.
2. Планировка рабочего места, его эргономические и квалиметрические показатели.
3. Микроэлементный анализ трудовых процессов (технологических операций) на рабочем месте.
4. Расчет тяжести, сложности, напряженности труда исполнителя работы (физической, интеллектуальной) на рабочем месте.
5. Социальный и производственно-целевой статус рабочего места.
6. Расчет штучно-калькуляционной технологической нормы времени по традиционной и квалиметрической методике.
7. Проект инновационно-мотивированной системы оплаты труда, исходя из требований Трудового кодекса Российской Федерации. (Рекомендуется изложить понимание исследователем статьи 22 «Основные права и обязанности работодателя. Работодатель обязан: ... обеспечить работникам равную оплату за труд равной ценности»).
8. Разработка проекта паспорта рабочего места и его аттестационного сертификата.

Перечень основных нормативных документов

ГОСТ 10450-78. Шайбы уменьшенные. Классы точности А и С. Технические условия

ГОСТ 1050-74. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали

ГОСТ 11371-74. Шайбы. Технические условия

ГОСТ 13165-67. Пружины сжатия для станочных приспособлений. Конструкция

ГОСТ 13465-77. Шайбы стопорные с носком. Конструкция и размеры

ГОСТ 14.001-73 ЕСТПП. Общие положения.

ГОСТ 14.107-77 ЕСТПП. Расчет трудоемкости изготовления изделия с применением средств вычислительной техники.

ГОСТ 14.1-73. Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства

ГОСТ 14.201-83 (2009). Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность

ГОСТ 14.201-83 (акт. 2009). Рекомендуемый перечень показателей технологичности конструкции изделий

ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования

ГОСТ 14.202-83 (2009) ЕСТПП. Правила выбора показателей технологичности конструкции изделия

ГОСТ 14.203-83 (2009)) ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц.

ГОСТ 14.204-83 (2009)) ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкции деталей

ГОСТ 14.2-83 ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкций изделий

ГОСТ 14.301-73 ЕСТПП. Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения

ГОСТ 14.304-73 ЕСТПП. Правила выбора технологического оборудования

ГОСТ 14.304-83 ЕСТПП. Правила выбора технологического оборудования

ГОСТ 14.4-73 ЕСТПП. Правила применения технологических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ

ГОСТ 1476-75. Винты установочные со шлицем и коническим концом. Конструкция и размеры

ГОСТ 15.005-86 ЕСТПП. Система разработки и постановки продукции на производство. Создание изделий единичного и мелкосерийного производства, собираемых на месте эксплуатации

ГОСТ 15467-79 (акт. 2009)). Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 17420-72 ЕСТПП. Операции механической обработки резанием. Термины и определения

ГОСТ 18882-73. Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки сквозных отверстий. Конструкция и размеры

ГОСТ 19605-74. Организация труда. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.116-84. Карта технического уровня и качества продукции

ГОСТ 2.201-80 (2009) ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 2.503-74 ЕСКД. Правила внесения изменений

ГОСТ 2.601-95 ЕСКД. Эксплуатационные документы

ГОСТ 2.602-95 ЕСКД. Ремонтные документы

ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению

ГОСТ 24359-80. Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава

ГОСТ 2444-80 (ГОСТ 24444-87 взамен). Оборудование технологическое. Общие требования монтажной технологичности

ГОСТ 2524-70. Гайки шестигранные с уменьшенным размером «под ключ» класса точности А. Конструкция и размеры

ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 31102-81 ЕСТД. Стадии разработки и виды документов

ГОСТ 3752-71. Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали

ГОСТ 3964-68. Фрезы дисковые пазовые. Основные размеры

ГОСТ 401-88. Система проектной документации для строительства. Технология производств. Основные требования к рабочим чертежам

ГОСТ 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S)

ГОСТ 5915-70. Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. Технические условия

ГОСТ 7796-70. Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности. Конструкция и размеры

ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 9304-69. Фрезы торцовые насадные. Типы и основные размеры

ГОСТ Р 50-297-90. Технологическая подготовка производства. Основные положения.

ГОСТ Р 50-54-11-87 (ГОСТ 14.203-83 (2009)). Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц

ГОСТ Р 50-54-11-87 (ГОСТ 14.204-83 (2009)). Правила обеспечения технологичности конструкции деталей

ГОСТ Р 50-54-11-87 ЕСТПП. Общие положения по выбору, проектированию и применению средств технологического оснащения

ГОСТ Р 50995.3.1-96. Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства.

ГОСТ Р 56020-2014. Бережливое производство. Основные положения и словарь

ГОСТы 14.0-73. Общие положения

ГОСТы 14.1-73. Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства

ГОСТы 14.2-83. Правила обеспечения технологичности конструкций изделий

ГОСТы 14.3-73. Правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения

ГОСТы 14.4-73. Правила применения технологических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ

Список литературы

1. Адлер Ю.П. Предпланирование эксперимента. М.: Наука. 1976
2. Азгальдов Г. Г., Гличев А. В. и др. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции. // Стандарты и качество, №1. М., 1968
3. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. (Основы квалиметрии). М.: Экономика. 1982. 256 с.
4. Антонов О.К. Качество продукции, качество плановых показателей. //ЭКО (Экономика и организация промышленного производства). 1974. №4. С.14-16
5. Аршинов Б.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение, 1976. 400 с.
6. Балабанов А.Н. Контроль технической документации. М.: Изд-во стандартов. 1988. 312 с.
7. Бернар И. и Колли Ж.К. Толковый экономический и финансовый словарь. М.: Международные отношения. Т.2. 1994
8. Бирюков Б.В., Тюхтин В.С. О понятии сложности. /В сб. «Логика и методология науки». М.: Наука, 1967
9. Большой экономический словарь /Под ред. А.Н. Азрилияна. М.: Институт новой экономики. 1999
10. Бухарин Н.И. Проблемы теории и практики социализма. М.: Политиздат, 1989
11. Воскресенский Б.В., Паламарчук А.С. Справочник экономиста-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1977. 37 с.
12. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М.: Мир, 1968. 483 с.
13. Грановский Е.Н., Недорезов П.В. Методика определения трудоемкости изготовления изделий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1986. 96 с.
14. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка (1881). Современное издание: С-Пб: Диамант, 1996
15. Дегтярев А.А., Летягин В.А., Погалов А.И., Угольников С.В. Метрология. Учебное пособие для вузов. М.: Академический проект. 2006. С.3-4. 252 с.
16. Зинченко В.П., Мунипов В.П. Основы эргономики. М.: МГУ, 1979. 344 с.
17. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования /Пер. с англ. под ред. Б.Ф. Ломова и В.И. Петрова. М.: Машиностроение, 1971. 488 с.
18. Инженерная психология: теория, методология, практическое применение /Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Наука, 1977. 304 с.

19. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С.. Прикладная механика. М.: Высшая школа. 1989. 351 с.
20. Каменицер С.Е. и др. Справочник экономиста промышленного предприятия. М.: Экономика, 1974. 326 с.
21. Леман Г. Практическая физиология труда. М.: Медицина, 1967
22. Ленин В.И. Полн.собр.соч. Т.15. С.368
23. Ломов Б.Ф., Николаев В.И., Рубахин В.Ф. Некоторые вопросы применения математики в психологии. Хрестоматия по инженерной психологии /Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991. 287 с.
24. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. М.: Дело. 2003. 520 с.
25. Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент. Учебное пособие для вузов. М.: Приор. 1998. 384 с.
26. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.: Машиностроение, 1976. 278 с.
27. Маркс К., Энгельс Ф. Наброски к критике политической экономии. Соч. Т.19
28. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 19. С. 19
29. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.23. С.48,55
30. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.26. Ч.III. С.265
31. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.46. Ч.I. С.117
32. Марксъ Карлъ. Къ критике Политической экономіи. /Переводъ съ немецкаго П.П. Румянцева. СПб.: Шиповникъ. 1907. С.9
33. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.
34. Методы квалиметрии в машиностроении. Учебное пособие. /Под ред. акад. РИА, проф. В.Я. Кершенбаума, акад. АПК, проф. Р.М. Хвастунова. М.: МФ «Технотептегаз». 1999. 210 с.
35. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. М.: ЛОГОС, 2001. 356 с.
36. Новейший словарь иностранных слов и выражений. Минск: Современный литератор. 2006
37. Обработка резанием высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей. /Под ред. П. Г.Петрухи. М.: Машиностроение, 1980. 168 с.
38. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. М.: Машиностроение. 1984. С.208
39. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. 4.1. / НИИ труда. М.: Машиностроение, 1974

40. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. 4.3./ НИИ труда. М.: Машиностроение, 1978. 340 с.
41. Организационные и экономические основы технической подготовки производства. /А.П. Ковалев, Н.К. Кочалос, А.А. Колобов. М.: Машиностроение. 1978. С.165-166
42. Орефков В.В., Перовщиков Ю.С. Эргономическое нормирование труда. М.: ВЦУЖ. 2007. 934 с.
43. Оценка рыночной стоимости недвижимости. М.: Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. 1998. С.38
44. Перовщиков Ю.С., Фишер Б.А. Совершенствование методов расчета производственных мощностей и производительности металлорежущих станков в многономенклатурном производстве на основе квалиметрии. /В сб. «Повышение эффективности использования основных производственных фондов в промышленности». Тезисы докладов научно-практической конференции 9 - 10 октября 1984 г. Ижевск, 1984
45. Политехнический словарь. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия. 1989. 656 с.
46. Половинкин А. ЭВМ: поиск новых технических решений. //Наука и жизнь. 1976. №10. С.54-61
47. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г.
48. Пфанцагль И. Теория измерений. /Пер. с англ. В.Б. Кузьмина. М.: Мир. 1976. 248 с.
49. Режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1974. 407 с.
50. Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.
51. Сборник рекомендуемых терминов. /Комитет научно-технических терминов Академии наук СССР. Вып. 103. Термодинамика. Основные понятия. Терминология. Буквенные обозначения величин. М., 1984
52. Сергеева З.В., Химченко Г.Т. Справочник нормировщика. М.: Россельхозиздат. 1983
53. Смирницкий Е.К. Экономические показатели промышленности. Справочник. 3-е издание, переработанное и дополненное. М.: Экономика. 1989
54. Справочник металлиста. Т.2. М.: Машиностроение. 1976
55. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т.2. Техническое нормирование станочных работ. / Под ред. Е.Н.Стружестраха. М.: Машиностроение, 1962. 468 с.
56. Справочник по обработке металлов резанием /Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. К.: Техника, 1983. 239 с.

57. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение. 1986. 496 с.
58. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. /Под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение. 2001
59. Справочник технолога-приборостроителя. Т.1. /Под ред. П. В. Снороватченко. М.: Машиностроение, 1980. 606 с.
60. Справочник. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972
61. Статистический словарь. М.: Финансы и статистика. 1989
62. Струмилин С.Г. Избранные произведения в 5-ти томах. Т.3. М.: Наука. 1964. С.77. 524 с.
63. Струмилин С.Г. Избранные произведения в 5-ти томах. Т.3. М.: Наука. 1964. С.491. 524 с.
64. Тейлор Ф.У. Научная организация труда. М.: НКПС-Транспечать, 1924. Переиздание: Тейлор Ф.У. Принципы научного менеджмента. М.: Контроллинг, 1991
65. Техничко-экономическое планирование литейного производства. Квалиметрический подход. Издательство LAP Lambert. Academic Publishing. Германия. 2014
66. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1987
67. Толковый экономический и финансовый словарь. М.: Международные отношения. 1994
68. Уилсон А., Уилсон М. Информация, вычислительные машины и проектирование систем. М.: Мир, 1968. С.62-63
69. Укрупненные нормативы и расценки. Справочник. М.: Россельхозиздат. 1984
70. Управление трудом в бригаде: Справочно-методическое пособие. /Под ред. Ю.С. Перевощикова. Ижевск: Удмуртия, 1983
71. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. Л.: Машиностроение, 1979. 248 с.
72. Филоненко С. Н. Резание металлов. К.: Техника, 1975. 232 с.
73. Хованов Н.В. Математические основы теории шкал измерения качества. Л.: изд-во ЛГУ, 1982. 185 с.
74. Цена и качество: (Некоторые вопросы ценообразования и практики установления цен в капиталистических странах). /Пер. с англ. /Под общ. ред. Ю.В. Яковецца, д.э.н., Е.М. Пунина, к.э.н. М.: Прогресс. 1974. 355 с. С.128-129
75. Четыркин Е.М. Статистическое измерение качественных характеристик. Предисловие к книге. М.: Статистика. 1972
76. Экономика труда. Учебник для вузов. С.-Петербург: Издательский дом Питер. 2003. 656 с.

77. Экономико-математический энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия. 2003

78. Экономическая метрология и квалиметрия труда: Автоматизированная система расчетов квалиметрических характеристик деталей машин на основе САПР Компас 3D. /В.В.Ермилов, Ю.С. Перовощиков. Т.5. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет». 2018. 194 с.

79. Экономическая метрология и квалиметрия труда: Автоматизированная система квалиметрического анализа сложности изделия по его кинематической схеме на основе метода аналогов. /В.В.Ермилов, Ю.С. Перовощиков. Т.6. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет». 2018. 194 с.

80. Экономическая метрология и квалиметрия труда: Квалиметрические нормативы организации производства изделий (крупногабаритные поковки). /Т.А.Лебеденко, Ю.С.Перовощиков, Г.А. Сергеев. Т.2. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет». 2018. 144 с.








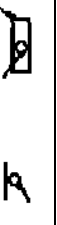



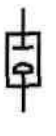




81. Экономическая метрология и квалиметрия труда: Квалиметрический метод расчета и планирования производственной мощности литейных цехов (литья в песчаные формы) в машиностроении. /Г.Е.Калинкина, Ю.С. Перовощиков. Т.3. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет». 2018. 166 с.

82. Экономическая метрология и квалиметрия труда: Разработка системы плановых расчетов в производстве литья по выплавляемым моделям на основе квалиметрических показателей отливок. /С.Н.Виноградов, А.М.Макаров, Ю.С.Перовощиков, Ю.Н. Поляков. Т.1. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет». 2018. 132 с.












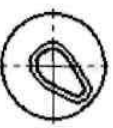






ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1.1 – Информационно-квалиметрические параметры подвижности и сложности движения наиболее распространенных кинематических соединений механизмов

Наименование	Обозначение	Виды движений														Сумма подвижностей	Сложность кинематики $\sum m_{15,42}^e$
		Поступательные						Вращательные									
		+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1. Вал, валик, стержень, шатун и т. п.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2. Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой, например		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
3. Соединение частей звена а) неподвижное		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
б) неподвижное, допускающее регулировку		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23		
в) неподвижное соединение детали с валом, стержнем		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
4. Кинематическая пара а) вращательная		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23		
б) вращательная многократная, например, двукратная		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23		
в) поступательная		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,14		
		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4		




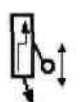
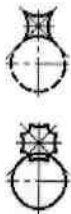
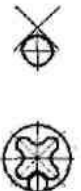
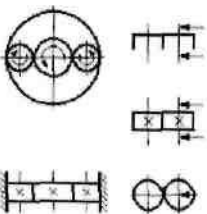
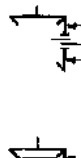
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
г) винтовая		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
д) цилиндрическая		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	5,14	1,4
е) сферическая с пальцем		0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	6,28	1,5
ж) карданный шарнир		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	9,42	1,84
з) сферическая (шаровая)		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	9,42	1,84
и) плоскостная		1	1	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	7,14	1,59
к) трубчатая (шар-цилиндр)		1	1	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	11,42	2,1
л) точечная (шар-плоскость)		1	1	1	1	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	13,42	2,38
5. Муфта. Общее обозначение без уточнения типа		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,40
6. Муфта нерасцепляемая (неуправляемая) а) глухая		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
б) упругая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
в) упругая компенсирующая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
г) зубчатая компенсирующая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
7. Муфта сцепляемая (управляемая) а) общее обозначение б) односторонняя		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
б) односторонняя		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
в) двусторонняя		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4

Продолжение таблицы П1.1

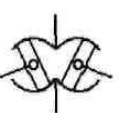

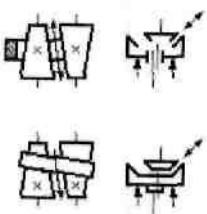
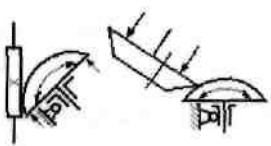


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8. Муфта сцепляемая механическая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
а) синхронная зубчатая															
б) асинхронная фрикционная		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
9а. Муфта сцепляемая электрическая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
9б. Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
10. Муфта автоматическая (самодельствующая)		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
а) общее обозначение															
б) предохранительная с разрушаемым элементом		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
11. Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
12. Кулачки плоские:															
а) продольного перемещения	 	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,14
б) вращающиеся	 	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
в) вращающиеся пазовые		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
13. Кулачки барабанные:															
а) цилиндрические	 	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	6,28	1,5
б) конические	 	0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	8,28	1,71
в) криволинейные	 	0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	8,28	1,71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14. Толкатель (ведомое звено)		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
а) заостренный		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
б) дуговой		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
в) роликовый		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
г) плоский		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
15. Звено рычажных механизмов двухэлементное а) кривошип, коромысло, шатун		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
б) эксцентрик		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
в) ползун		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,14
		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1,296
г) кулиса		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
		1	1	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	7,14	1,59

Продолжение таблицы П1.1


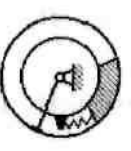
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17. Храповые зубчатые механизмы: а) с наружным зацеплением односторонние		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
б) с наружным зацеплением двусторонние		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
в) с внутренним зацеплением односторонние		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
г) с реечным зацеплением		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
18. Мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста: а) с наружным зацеплением б) с внутренним зацеплением		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	0	1,57	0	6,28	1,5
в) общее обозначение		0	0	0	0	0	0	1,57	0	0	0	0	0	2,57	1,18
19. Передачи фрикционные: а) с цилиндрическими роликами б) с коническими роликами		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
		0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	6,28	1,50

Продолжение таблицы П1.1





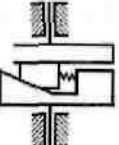


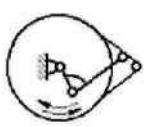
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
в) с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые		0	0	0	0	0	0	0	1,57	0	1,57	1,57	1,57	6,28	1,23
г) торцовые (лобовые) регулируемые		1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	8,28	1,71
д) с коническими роликами регулируемые		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	7,14	1,59
		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	7,14	1,59
		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	7,14	1,59
		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	7,14	1,59
е) со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	1,57	1,57	0	6,28	1,50
ж) с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное		1	1	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
з) с гиперболоидными роликами, преобразующими вращательное движение в винтовое		1	1	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	1,57	1,57	8,28	1,71


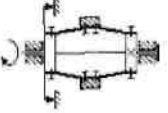
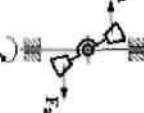

Продолжение таблицы П1.1															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
и) с гибкими роликами (волновые)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23
20. Маховик на валу		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23
21. Шкив ступенчатый, закрепленный на валу		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	3,14	1,23
22. Передача ремнем без уточнения типа ремня		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
23. Передача плоским ремнем		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23

Таблица П1.2 – Результаты расчета количества движений и сложности наиболее распространенных кинематических соединений механизмов (муфты)

Наименование	Обозначение	Виды движений														Сумма под-вижно-стей	Слож-ность кинема-тики $\sum m_i$ 15,42
		Поступательные						Вращательные									
		+x	-x	+y	-y	+z	-z	xy	yx	xz	zx	yz	zy				
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1	2													15	16		
Муфта обгонная (свободно-го хода)																	
а) роликовая		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23		
б) клиновая		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23		

Продолжение таблицы П1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
в) сегментная		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
г) кулачковая	 	0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
д) колодочная		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
е) осевая клиновья		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
ж) червячная		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	0	0	0	4,71	1,36
з) одинарная двухстороннего действия		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23
и) двойная двухстороннего действия		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,Н	1,23
к) Реверсивная переключаемая		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
л) Ленточная		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	3,14	1,23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Центробежная фрикционная:															
а) колодочная		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
б) колодочная с листовыми пружинами		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
в) на упругих пластинах		1	1	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	7,14	1,59
г) на лопатках		0	0	0	0	0	0	1,57	1,57	1,57	1,57	0	0	6,28	1,5
Предохранительная с неразрушимым элементом кулачковые и роликовые		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
зубчатые (торцовые)		0	0	0	0	1	1	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4
шариковые		0	0	1	1	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	5,14	1,4

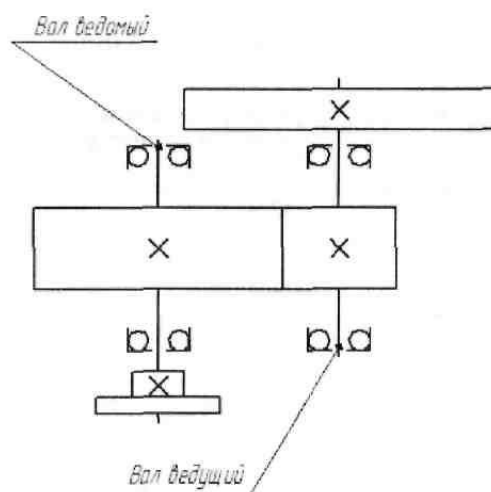


Рисунок П1.1 – Кинематическая схема редуктора одноступенчатого цилиндрического-АБВГ.303115.094

Таблица П1.3 – Сложность кинематики редуктора одноступенчатого цилиндрического АБВГ.303115.094

N п/п	Куда входит	Элемент	Количество	Сложность элемента	Сложность	Примечание
1	Вал ведущий	Вал-шестерня	1	1,0	1,0	
2		Подшипник	2	4,097	8,194	
3		Шкив	1	1,23	1,23	
4	Вал ведомый	Зубчатая пара	1	2,226	2,226	
5		Подшипник	2	4,097	8,194	
6		Полумуфта	1	1,0	1,0	
Итого суммарная сложность кинематики редуктора					21,844	

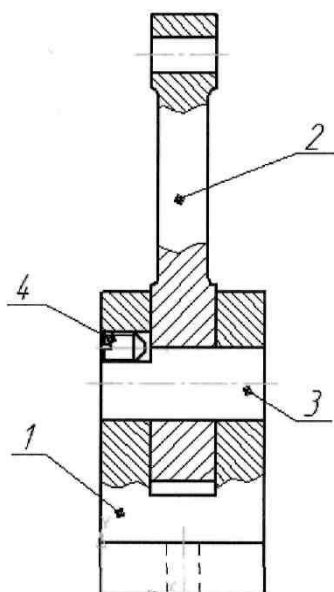


Рисунок П1.2 – Схема сборочной единицы «Шатун кривошипа»
1. Опора. 2. Шатун. 3. Ось. 4. Винт установочный ГОСТ 1476-75

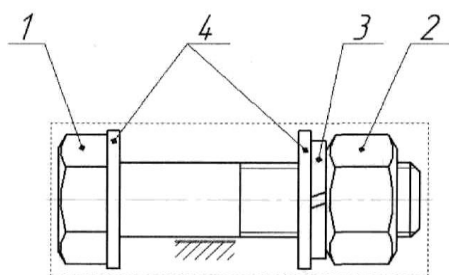


Рисунок П1.3 – Схема монтажного кинематического механизма: болт-гайка-шайбы

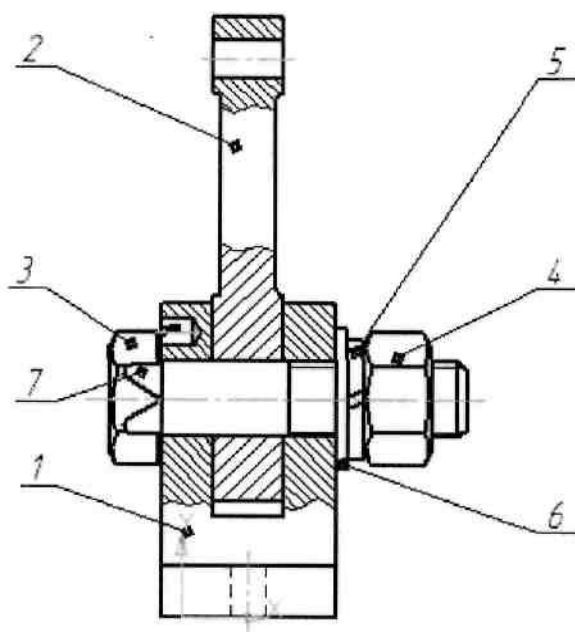


Рисунок П1.4 – Схема сборочной единицы «Шатун кривошипа»

1. Опора. 2. Шатун. 3. Ось. 4. Гайка ГОСТ 5915-70. 5. Шайба ГОСТ 10450-78. 6. Шайба пружинная ГОСТ 6402-70. 7. Шайба стопорная ГОСТ 13465-77

Таблица П.4 – Монтажная подвижность механизма сборочной единицы «Шатун кривошипа»

Вари- ант	Наименование детали	Код	α	m , кг	И	I_b	Шерохо- ватость	Материал	K_m	K_ϕ	K_u	K_r	K_{r0}	K_o	
I	Болт	758121	0,81	0,274	20	0	R_{z20}	Сталь 35	0,853	1,333	1,0	0,572	1,0	0,650	
	Шайба	758491	0,89	0,022	5	2	R_{d40}	Сталь 10	0,992	1,972	0,85	0,278	1,0	0,232	
	Шайба стопорная	758486	0,81	0,028	7	2	R_{z80}	Сталь 65Г	1,046	2,304	1,15	0,354	1,0	0,490	
	Гайка	758412	0,87	0,126	14	8	R_{z40}	Сталь 35	1,380	3,916	1,0	0,450	1,0	1,216	
II				0,373										1,735	
	Опора	741515	0,76	0,884	23	11	$R_{d6,3}$	Сталь 10	0,983	2,366	0,85	0,528	1,0	1,044	
	Шатун	743411	0,77	0,495	20	4	$R_{d6,3}$	Сталь 10	0,919	1,694	0,85	0,528	1,0	0,699	
	Ось (болт)	758121	0,81	0,274	20	0	R_{z20}	Сталь 35	0,853	1,333	1,0	0,572	1,0	0,650	
	Шайба стопорная (с лапкой)	758481	0,82	0,003	17	2	R_{z80}	Сталь 10	0,352	1,404	0,85	0,354	1,0	0,148	
	Шайба	758491	0,89	0,011	5	2	R_{d40}	Сталь 10	0,496	0,986	0,85	0,278	1,0	0,116	
	Шайба стопорная (гровера)	758486	0,81	0,014	7	2	R_{z80}	Сталь 65Г	0,523	1,152	1,15	0,354	1,0	0,245	
III	Гайка	758412	0,87	0,063	14	8	R_{z40}	Сталь 35	0,690	1,958	1,0	0,450	1,0	0,608	
				1,744										3,510	
	Опора	741515	0,76	0,884	23	11	$R_{d6,3}$	Сталь 10	0,983	2,366	0,85	0,528	1,0	1,044	
	Шатун	743411	0,77	0,495	20	4	$R_{d6,3}$	Сталь 10	0,919	1,694	0,85	0,528	1,0	0,699	
	Ось	713113	0,75	0,108	15	7	$R_{d3,2}$	Сталь 35	0,750	1,738	1,0	0,668	1,03	0,892	
	Винт стопорный	758221	0,88	0,004	12	0	R_{z40}	Сталь 35	0,384	1,031	1,0	0,450	1,0	0,178	
				1,491										2,813	

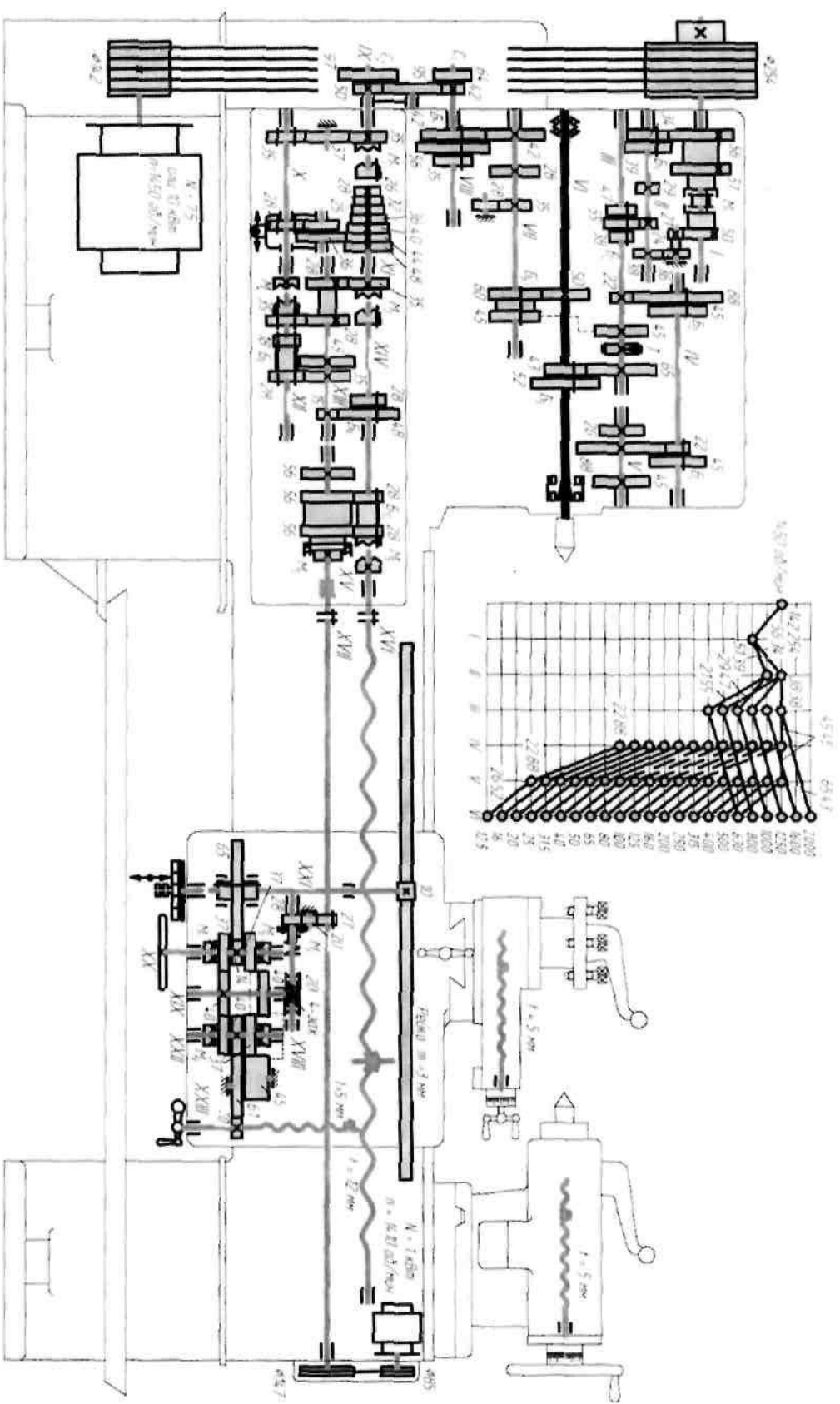


Рисунок 31.5 – Кинематическая схема станка 1К62
Суммарная сложность кинематики станка 476,315 логон (без крепежа)

Простейший анализ количественных значений квалиметрических расчетов позволяет более точными методами фиксировать конструкторско-технологические усовершенствования в производстве машин на первичных стадиях проектирования.

В цикле создания и эксплуатации машины есть весьма важный этап – ремонт машины, состоящий из технологии демонтажа и технологии сборки. В рассмотренных примерах монтажная и демонтажная подвижности идентичны, потому что неразборных для ремонтных операций деталей в конструкции нет.

Таблица П2.1 – Квалиметрические показатели материала детали

Код и наименование группы материалов		Марки	K_m
010	Стали конструкционные с содержанием углерода, в %		
	до 0,25	СтО, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, 05, 08, 08Кп, 10Кп, 10, 11Кп, 15Кп, 15, 18Кп, 20Кп, 20, 15Л, 20Л, 25Л, А12, А20	0,85
020	0,25-0,6	Ст5, Ст6, БСт5, БСт6, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, А30, А40Г	1,00
030	0,6	60, 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г, проволока пружинная Кт-2, 3Кт	1,15
080	Стали инструментальные углеродистые, все марки	У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А	1,00
110	Низколегированная конструкционная сталь	12Г2, 16Г2, 09Г2, 14Г2, 18Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 09ГС2, 10Г2С1, 18Г2С, 25Г2С	1,15
111	Сталь рессорно-пружинная	50ГС, 50С2, 55С2А, 60С2, 60С2А, 70С3А, 60С2ХФА, 60С2ХА, 50ХСА, 65С2ВА, 60С2Н2А, 70С2ХА	1,20
120	Стали легированные конструкционные		
121	хромистая	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 30ХРА, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х, ШХ10	1,15
122	марганцовистая	15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2	1,10
123	хромомарганцовистая	18Г, 35ХГ2, 18ХГТ, 20ХГР, 27ХГР, 25ХГТ, 30ХГТ, 40ХГР, 35ХГФ, 25ХГМ, 25ХГФ	1,35
124	хромокремнистая	33ХС, 38ХС, 40ХС, 15ХТС	1,35
125	хромомолибденовая	15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 30Х3МФ, 40ХМФА	1,20
126	хромованадиевая	15ХФ, 40ХФА	1,20
127	никельмолибденовая	15Н2М (15НМ), 20Н2М (20НМ)	1,20
128	хромоникелевая	20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН	1,15
129	хромоникелевая с бором	20ХНР, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х24А	1,15

Приложение 3
(Глава 10, п.10.4)

Таблица ПЗ.1 – Шероховатость поверхности и качества при различных видах обработки деталей

Виды обработки	Ra , мкм	качество
Резка газовая: ручная машинная	50-25 50-12,5	– 17-15
Отрезка: приводной пилой резцом фрезой абразивом	50-25* (12,5) 100-25* 50-25* 6,3*-3,2	17-15 17-14 17-14 15-12
Строгание: черновое чистовое тонкое	25-12,5* 6,3-3,2* 1,6-(0,8)	14-12 13-11; 10** 10-8; 7**
Долбление: черновое чистовое	50-25 12,5-3,2	15; 14 13; 12
Фрезерование цилиндрической фрезой: черновое чистовое тонкое	50-25 6,3-3,2* 1,6-0,8	14-12; 11** 11; 10** 9-8; 7**
Фрезерование торцевой фрезой: черновое чистовое тонкое	12,5-6,3* 6,3-3,2* (1,6) 1,6-(0,8)	14-12; 11** 11; 10** 9-8; 7**
Фрезерование концевой фрезой: черновое чистовое	25-6,3 6,3-1,6	14-12 11
Обтачивание при продольной подаче: обдирочное получистовое чистовое тонкое (алмазное)	100-25 12,5-6,3 3,2-1,6* (0,8) 0,8-0,4* (0,2)	17-15 14-12 9-7 6
Обтачивание при поперечной подаче: обдирочное получистовое чистовое тонкое	100-25 12,5-6,3 3,2* 1,6-(0,8)	16-17 15-14 13-11 11-8
Сверление до 15 мм: без кондуктора по кондуктору	12,5*-6,3 –	14-12 –
Сверление св. 15 мм: без кондуктора по кондуктору	25*-12,5 –	14-12 11
Зенкерование: черновое чистовое	25-12,5 6,3-3,2*	15-12 11; 10
Растачивание: черновое получистовое чистовое тонкое (алмазное)	100-50 25-12,5 3,2-1,6 (0,8) 0,8-0,4 (0,2)	17-15 14-12 9-8 7
Развертывание: получистовое чистовое тонкое	12,5-6,3* 3,2-1,6* 0,8-(0,4)	10-9; 8** 7-8; 8** 7-6**

Продолжение таблицы ПЗ.1

Протягивание: получистовое чистовое отделочное	6,3 3,2-0,8* 0,4-(0,2)	9-8 8-7 7
Зенкование под углом	6,3-3,2	–
Шабрение: грубое тонкое	6,3-1,6 0,8- (0,1)	11 9-8
Опиловка	25-(1,6)	11-8
Зачистка шлифовальной лентой (после резца и фрезы)	1,6-(0,2)	11-8
Шлифование круглое: получистовое чистовое тонкое	6,3-3,2 1,6-0,8* 0,4-0,2* (0,1)	11-8 8-6 5
Шлифование плоское: получистовое чистовое тонкое	6,3-3,2 1,6-0,8 0,4-0,2* (0,05)	11-8 8-6 7-6
Прошивка: чистовая тонкая	1,6-0,4 1,6 (0,05)	9-7 7-6
Калибрование отверстий шариком или оправкой: после сверления после растачивания после развертывания	1,6-0,4 1,6-0,4 1,6-0,05	9-8 7 7
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при исходном значении $Ra = 3,2, \dots, 0,8$ мкм	1,6-0,4	9-6
Наклепывание шариками при исходном значении $Ra = 3,2, \dots, 0,8$ мкм	0,8-0,2	–
Развальцовка: чистовая тонкая	1,6-0,4 0,2-0,1	7 6
Притирка: чистовая тонкая	3,2-0,4 1,6-0,1	7-6 5
Полирование: обычное тонкое	1,6-0,2 0,1-(0,05)	6 5
Доводка: грубая средняя тонкая отделочная (зеркальная)	0,4* 0,2*-0,1 0,05* 0,025-0,012 (0,008)	7-6 6-5 5 –
Хонингование: плоскостей цилиндров	0,4*-0,1 0,2- (0,05)	8-7 7-6
Суперфиниширование: плоскостей цилиндров	0,4-0,2* (0,05) 0,4-0,1* (0,05)	5 и выше 5 и выше
Термохимическое упрочнение: цементация цианирование азотирование борирование кадмирование	6,3-3,2 3,2-1,6 0,8-0,1 1,6-0,2 6,3-0,2	14-12 11; 12 9-7 9-7 9-7
Химическое упрочнение: хромирование сульфидирование оксидирование никелирование	3,2-16 3,2-0,8 1,6-0,2 3,2-0,4	8-6 9-7 8-6 8-6

Продолжение таблицы ПЗ.1

Электрофизическая и электрохимическая (методы): электроконтактный анодно-механический электроимпульсный электроискровой электрохимический электронно-лучевой световым лучом электрохимикомеханический	Не устанавливается	Не устанавливается
	50-12,5	11-9
	25-12,5	11-9
	6,3-0,2	9-5
	0,8-0,4	11-9
	0,8-0,2	9-7
	0,8-0,4	11-12
	0,025-0,008	Обусловлен качеством предыдущей операции

Примечания.

1. Значения R_a приведены для стали; для чугуна, алюминия и алюминиевых сплавов следует брать меньшие значения параметра, для сплавов на медной основе при слесарной обработке (опиловка, шабрение), шлифовании и доводочных работах (притирка, полирование, хонингование) – брать любые из указанных интервалов, при остальных видах обработки – большие значения.

2. В круглых скобках указаны предельно допустимые значения параметра шероховатости и качества.

3. Средние значения параметра шероховатости для данного вида обработки отмечены одной звездочкой.

4. Качества для чугуна отмечены двумя звездочками.

(Балабанов А.И. Контроль технической документации. М.: Изд-во стандартов. 1988. С.108).

Таблица ПЗ.2 – Квалиметрические показатели шероховатости поверхности

Классы шероховатости	Ряды	Параметры шероховатости, мкм		Квалиметрический показатель, K_R
		R_a	R_z	
1	2	3	4	5
1	-	от 80,000	от 320	0,219
2	-	от 40,000	от 160	0,278
3	-	от 20,000	от 80	0,354
4	-	от 10,000	от 40	0,450
5	-	от 5,000	от 20	0,572
6	а	от 2,500	от 10	0,728
	б	от 2,000	от 8	0,786
	в	от 1,600	—	0,850
7	а	от 1,250	от 6,3	0,925
	б	от 1,000	от 5,0	1,000
	в	от 0,800	от 4,0	1,081
8	а	от 0,630	от 3,2	1,174
	б	от 0,500	от 2,5	1,272
	в	от 0,400	от 2,0	1,374
9	а	от 0,320	от 1,6	1,485
	б	от 0,250	от 1,25	1,618
	в	от 0,200	от 1,0	1,748
10	а	от 0,160	от 0,8	1,889
	б	от 0,125	от 0,63	2,058
	в	от 0,100	от 0,50	2,223
11	а	от 0,080	от 0,40	2,402
	б	от 0,063	от 0,32	2,610
	в	от 0,050	от 0,25	2,828
12	а	от 0,040	от 0,20	3,056
	б	от 0,032	от 0,16	3,302
	в	от 0,025	от 0,125	3,597

Продолжение таблицы ПЗ.2

1	2	3	4	5
13	а	от 0,020	от 0,100	3,886
	б	от 0,016	от 0,080	4,199
	в	от 0,012	от 0,063	4,640
14	а	от 0,010	от 0,050	4,943
	б	от 0,006	от 0,040	5,341
	в	от 0,005	от 0,032	5,902

Таблица П4.1 – Виды затрат рабочего времени на выполнение технологических операций

Структурные индексы	Наименование затрат времени на выполнение технологических операций	Влияние на затраты времени	
		веса (массы) детали	габаритов (объема) детали
1	2	3	4
1.	Подготовительно-заключительное время		
1.1	Получение производственного задания (наряда) и технической документации	–	–
1.2	Ознакомление с работой, чертежом (образцом) и получение необходимого инструктажа	–	–
1.3	Получение недостающих на рабочем месте инструментов и приспособлений, необходимых для обработки данной партии деталей	+	+
1.4	Подготовка рабочего места, наладка и переналадка оборудования (станка), инструментов и приспособлений	–	–
1.5	Ознакомление с технологическим процессом, а если его нет, то придумывание маршрутной технологии обработки деталей	–	–
1.6	Снятие инструментов и приспособлений по окончании обработки партии одинаковых деталей и другие подготовительно-заключительные работы, связанные с изготовлением данной партии деталей	+	+
1.7	Получение материала со склада	+	+
1.8	Подключение энергетических источников (электро-, газо-, водо-, пневмоисточников)	–	–
1.9	Сдача инструментов и приспособлений в инструментально-раздаточную кладовую после окончания рабочей смены	+	+
1.10	Сдача технической документации, наряда, остатков материалов	–	–
1.11	Сдача работы (готовой продукции) через систему контроля и регистрации результатов выполнения задания	–	–
2.	Основное технологическое время		
2.1	Резка газовая ручная	+	–
2.2	Резка газовая машинная	+	–
2.3	Обрезка приводной пилой	+	+
2.4	Обрезка резцом	+	+
2.5	Обрезка пилой	+	+
2.6	Обрезка абразивом	+	+
2.7	Строгание	+	–
2.8	Долбление	+	–
2.9	Фрезерование цилиндрической фрезой	+	–
2.10	Фрезерование концевой фрезой	+	–
2.11	Обтачивание при продольной подаче	+	–
2.12	Обтачивание при поперечной подаче	+	–
2.13	Сверление до 15 мм	+	+
2.14	Сверление свыше 15 мм	+	+
2.15	Зенкерование	+	+
2.16	Растачивание	+	+
2.17	Развертывание	+	+
2.18	Протягивание	+	+
2.19	Шабрение	+	–

Продолжение таблицы П4.1

1	2	3	4
2.20	Опиловка	+	—
2.21	Шлифование круглое	+	+
2.22	Шлифование плоское	+	+
2.23	Полирование	+	—
2.24	Доводка	+	+
2.25	Хонингование	+	—
2.26	Суперфиниширование		
2.27	Термохимическое и химическое упрочнение	+	—
2.28	Электрофизическая и электрохимическая обработка	+	+
3.	Вспомогательное время, обеспечивающее выполнение основного времени		
3.1	Установка детали	+	+
3.2	Укрепление детали	+	+
3.3	Снятие детали	+	+
3.4	Наладка оборудования	+	—
3.5	Перестановка и снятие инструмента	+	+
3.6	Обмеры обрабатываемых материалов и деталей	+	+
3.7	Транспортировка материалов деталей на рабочее место	+	+
3.8	Очистка деталей	+	+
4.	Время на техническое обслуживание рабочего места		
4.1	Регулировка и подналадка оборудования в процессе работы	—	—
4.2	Периодическая правка (заточка) затупившихся инструментов и их замена	—	—
4.3	Периодическая уборка стружки в течение рабочей смены	—	—
4.4	Установка ограждения от стружки или искр при сварке	—	—
5.	Время на организационное обслуживание рабочего места		
5.1	Раскладка инструментов в начале смены	+	+
5.2	Уборка инструментов в конце смены	+	+
5.3	Осмотр и опробование оборудования (станка)	—	—
5.4	Чистка и смазка станка	—	—
5.5	Уборка рабочего места	—	—
5.6	Передача рабочего места сменщику в конце смены	—	—
6.	Перерывы на отдых и личные гигиенические (естественные) надобности		
6.1	Время на отдых в период смены выполнения работ	+	+
6.2	Время перерывов и на естественные (гигиенические) надобности	—	—

01	Заказ	02	Количество	03	Изделие	04	Деталь	05	Обозначение	06	Код
		1		Редуктор		Вал-шестерня		АБВГ.721422.094		721422	
Карта №			ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАРТА ДЕТАЛИ						07	Цех №	
Код и наименование показателей						Условные обозначения, размерность	Технические параметры	Квалиметрические параметры	Изменения		
08	Масса детали					m , кг	1,64	1.201			
09	Количество размеров					И , шт	445				
10	В т. ч внутренних размеров					И_в , шт	5				
11	Симметричность					α	0.85				
12	Площадь развертки листа					F , см ²					
13	Сложность геометрической формы					K_ф		2.636			
14	Материал детали, марка					Сталь	40X	1.15			
15	Шероховатость поверхности					R_a	0,8	1.081			
16	Технологические особенности					Σd_i		1.04			
17	Общий квалиметрический показатель					K_о		4.084			

Заготовка						22	Коэффициент серийности	Трудоемкость, час			
18	Наименование	19	Размеры	20	Масса	21	Квали-масса	23	Удельная	24	Теоретическая
	Круг		55х240		4.476		6.504		4.50		
Код и наименование технологической обработки			Трудоемкость		Код и наименование технологической обработки			Трудоемкость			
			доля	часы				доля	часы		
25	Отрезная		0.020	0.368	36	Штамповка					
26	Токарная		0.320	5.881	37	Сварка					
27	Фрезерная		0.040	0.735							
28	Сверлильная										
29	Расточная										
30	Шлифовальная		0.110	2.022							
31	Зубообрабатывающая		0.390	7.167							
32	Строгальная (долбежная)										
33	Протяжная										
34	Отделочная		0.010	0.184							
35	Слесарная		0.080	1.470	46	Проектная трудоемкость детали					17.827
Расчет выполнил		Фамилия и инициалы		Дата		Утвердил		Фамилия и инициалы		Дата	

Приложение 6
(Глава 9, п.9.8)



01	Заказ	02	Количество	03	Изделие	04	Деталь	05	Обозначение	06	Код
		1		Редуктор		Колесо зубчатое		АБВГ.721482.094		721482	
Карта №			ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАРТА ДЕТАЛИ						07	Цех №	
Код и наименование показателей						Условные обозначения, размерность	Технические параметры	Квалиметрические параметры	Изменения		
08	Масса детали					m , кг	9,640	2.357			
09	Количество размеров					И , шт	2013				
10	В т. ч внутренних размеров					И_в , шт	18				
11	Симметричность					α	0.86				
12	Площадь развертки листа					F , см ²					
13	Сложность геометрической формы					K_ф		3.248			
14	Материал детали, марка					Сталь	40X	1.15			
15	Шероховатость поверхности					R_a	0,8	1.081			
16	Технологические особенности					Σd_i		1.10			
17	Общий квалиметрический показатель					K_о		10.460			

Заготовка								22	Коэф- фициент серий- ности	Трудоемкость, час			
18	Наименование	19	Размеры	20	Масса	21	Квали- масса			23	Удель- ная	24	Теорети- ческая
Круг		250×70		26.974		26.254				5.70			
Код и наименование технологической обработки			Трудоемкость		Код и наименование технологической обработки			Трудоемкость					
			доля	часы				доля	часы				
25	Отрезная	0.020		1.192		36	Штамповка						
26	Токарная	0.320		19.079		37	Сварка						
27	Фрезерная	0.040		2.385									
28	Сверлильная												
29	Расточная												
30	Шлифовальная	0.110		6.558									
31	Зубообрабатывающая	0.390		23.253									
32	Строгальная (долбежная)												
33	Протяжная												
34	Отделочная	0.010		0.596									
35	Слесарная	0.080		4.770		46	Проектная трудоемкость детали			57.833			
Расчет выполнил		Фамилия и инициалы		Дата		Утвердил		Фамилия и инициалы		Дата			

Таблица П7.1 – Нормативы удельной трудоемкости изготовления деталей в условиях экспериментального производства

Код по классификации ЕСКД	Удельная трудоемкость, нормо-часы на 1 квашт. при изготовлении из				
	проката	трубы	поковки, штамповки	отливки	листового проката
1	2	3	4	5	6
711110					
711210	3,0	1,89	2,85	2,80	3,33 ¹
713110	0,86	0,54	0,78	0,72	0,96 ²
713210	0,40	0,25	0,37	0,34	0,45 ³
711120					
711230					
713120	4,0	2,5	3,50	3,40	4,44
713220					
.....	1,14	0,71	1,04	0,75	1,27
.....					
711190	0,54	0,33	0,49	0,36	0,60
711290					
713190					
713290					
711310					
711510	3,60	2,25	2,90	2,80	—
713310	1,03	0,64	0,94	0,85	—
713510-1	0,48	0,30	0,44	0,40	—
711320					
711520					
713320	4,60	2,88	3,55	3,45	—
713520-1					
.....	1,31	0,82	1,19	0,87	—
.....					
711390	0,62	0,39	0,56	0,41	—
715590					
713390					
713590-1					
711410	3,70	2,31	2,95	2,85	—
713410	1,06	0,66	0,96	0,88	—
713510-2	0,50	0,31	0,45	0,41	—
711420					
713420	4,70	2,94	3,60	3,50	—
713520-2					
.....	1,34	0,84	1,22	0,89	—
.....					
711490	0,63	0,39	0,57	0,42	—
713490					
713590-2					

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
711610					
711710	3,90	2,44	3,15	3,00	—
712610					
712710	1,11	0,70	1,01	0,93	—
713610					
713710	0,52	0,33	0,47	0,44	—
714610					
714710					
711620					
711720					
712620					
712720					
713620	4,90	3,06	3,80	3,70	—
713720					
714620					
714720					
.....	1,40	0,88	1,27	0,93	—
.....					
711680					
711780					
712680	0,66	0,41	0,60	0,44	—
712780					
713680					
713780					
714680					
714780					
711690					
711790	5,30	3,31	4,20	4,10	—
712690					
712790	1,51	0,95	1,37	1,01	—
713690					
713790	0,71	0,45	0,64	0,47	—
714690					
714790					
712110					
712210	3,60	2,25	2,90	2,80	—
714110	1,03	0,64	0,94	0,86	—
714210	0,48	0,30	0,44	0,40	—
712120					
712220					
714120	4,60	2,88	3,55	3,45	—
714220					
.....	1,31	0,82	1,19	0,87	—
.....					

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
712160	0,62	0,39	0,56	0,41	—
712260					
714160					
714260					
712170					
712270	4,70	2,94	3,60	3,50	—
714170	1,34	0,84	1,22	0,89	—
714270	0,63	0,39	0,57	0,42	—
712190					
712290	5,0	3,13	3,90	3,80	—
714190	1,43	0,89	1,30	0,95	—
714290	0,67	0,42	0,61	0,45	—
712310	3,70	2,31	3,00	2,40	—
	1,06	0,66	0,96	0,70	—
714310	0,50	0,31	0,45	0,33	—
712320					
714320	4,50	2,81	3,80	3,70	—
.....					
.....	1,29	0,80	1,17	0,86	—
712370					
714370	0,61	0,38	0,55	0,40	—
712390	4,90	3,06	4,20	4,10	—
	1,40	0,88	1,27	0,93	—
714390	0,66	0,41	0,60	0,44	—
712410	3,90	2,44	3,15	3,00	—
	1,11	0,70	1,01	0,93	—
714410	0,52	0,33	0,47	0,44	—
712420					
714420	4,90	3,06	3,80	3,70	—
.....					
.....	1,40	0,88	1,27	0,93	—
712470					
714470	0,66	0,41	0,60	0,44	—
712480	5,30	3,31	4,20	4,10	—
	1,51	0,95	1,37	1,01	—
714490	0,71	0,45	0,64	0,47	—
712510-1	3,70	2,31	3,00	2,40	—
	1,06	0,66	0,96	0,70	—
714510-1	0,50	0,31	0,45	0,33	—
712510-2	3,90	2,44	3,15	3,00	—
	1,11	0,70	1,01	0,93	—
714510-2	0,52	0,33	0,47	0,44	—
712520-1					
714520-1	4,50	2,81	3,80	3,70	—
.....					
.....	1,29	0,80	1,17	0,86	—
712570-2					
714570-2	0,61	0,38	0,55	0,40	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
712520-2					
714520-2	4,90	3,06	3,80	3,70	—
.....					
.....	1,40	0,88	1,27	0,93	—
712570-2					
714570-2	0,66	0,41	0,60	0,44	—
712590-1	4,90	3,06	4,20	4,10	—
	1,40	0,88	1,27	0,93	—
714590-1	0,66	0,41	0,60	0,44	—
712590-2	5,30	3,31	4,20	4,10	—
	1,51	0,95	1,37	1,01	—
714590-2	0,71	0,45	0,64	0,47	—
715110	3,00	1,89	2,85	2,80	—
	0,86	0,54	0,78	0,72	—
715610-0	0,40	0,25	0,37	0,34	—
715120					
715620-0	5,00	3,13	4,50	4,00	—
.....					
.....	1,43	0,89	1,30	0,95	—
715180					
715680-0	0,67	0,42	0,61	0,45	—
715210	3,10	1,94	2,95	2,90	—
	0,89	0,55	0,81	0,74	—
715710-0	0,42	0,26	0,38	0,35	—
715220					
715720-0	5,50	3,44	5,00	4,50	—
.....					
.....	1,57	0,98	1,43	1,05	—
715280					
715780-0	0,74	0,46	0,67	0,49	—
715310	3,60	2,25	2,90	2,80	—
	1,03	0,64	0,94	0,86	—
715610-1	0,48	0,30	0,44	0,40	—
715320					
715620-1	7,00	4,38	5,00	4,50	—
.....					
.....	2,00	1,25	1,82	1,33	—
715380					
715680-1	0,94	0,59	0,86	0,63	—
715410	3,85	2,41	2,90	2,80	—
	1,10	0,69	1,00	0,92	—
715610-2	0,52	0,32	0,47	0,43	—
715420					
715620-2	7,00	4,38	5,00	4,50	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
..... 715480 715680-2	2,00 0,94	1,25 0,59	1,82 0,86	1,33 0,63	— —
715510 715710-2	3,85 1,10 0,52	2,41 0,69 0,32	3,10 1,00 0,47	3,00 0,92 0,43	— — —
715520 715720-2 715580 715780-2	7,00 2,00 0,94	4,38 1,25 0,59	5,00 1,82 0,86	4,50 1,33 0,63	— — —
716110 716210	3,85 1,10 0,52	2,41 0,69 0,32	3,10 1,00 0,47	3,00 0,92 0,43	— — —
716120 716210 716160 716260	5,20 1,49 0,70	3,25 0,83 0,44	4,60 1,35 0,63	4,20 0,99 0,47	— — —
716310 716510-0 716510-1 716610-0 716610-1 716710-1 716710-0	3,85 1,10 0,52	2,41 0,69 0,32	3,10 1,00 0,47	3,00 0,93 0,43	— — —
716320 716520-0 716620-0 716720-0 716380 716580-0 716680-0 716780-0	5,20 1,49 0,70	3,25 0,93 0,44	4,60 1,35 0,63	4,20 0,99 0,47	— — —
716410 716510-2 716610-2 716710-2	4,50 1,29 0,61	2,81 0,80 0,38	3,20 1,17 0,55	3,10 1,08 0,51	— — —
716420 716520-2 716620-2	8,40	5,25	5,10	4,60	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
716720-2 716480 716580-2 716680-2 716780-2	2,40 1,13	1,50 0,71	2,18 1,02	1,60 0,75	— —
716520-1 716620-1 716720-1 716580-1 716680-1 716780-1	7,20 2,06 0,97	4,50 1,29 0,61	5,10 1,87 0,88	4,60 1,37 0,64	— — —
721110Л 721210Л 721120Л 721312Л 721314Л 721316Л 721318Л 721322Л 721324Л 721326Л 721328Л 721411Л 721412Л 721414Л 721416Л 721418Л 721421Л 721422Л 721424Л 721426Л 721428Л	4,50 1,29 0,61	2,81 0,80 0,38	3,50 1,17 0,55	3,40 1,10 0,52	— — —
721110Д 721210Д 721120Д 721312Д 721314Д 721316Д 721318Д 721322Д 721324Д 721326Д	3,08 1,09	2,38 0,68	3,20 0,99	3,10 0,91	— —

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
721328Д 721411Д 721412Д 721414Д 721416Д 721418Д 721421Д 721422Д 721424Д 721426Д 721428Д	0,51	0,32	0,47	0,43	—
721130Л 721330Л 721430Л 721160Л 721350Л 721450Л	7,00 2,00 0,94	4,38 1,25 0,59	5,00 1,82 0,86	4,50 1,33 0,63	— — —
721130Д 721330Д 721430Д 721160Д 721350Д 721450Д	5,00 1,43 0,67	3,13 0,89 0,42	3,80 1,30 0,61	3,80 0,95 0,45	— — —
721313Л 721315Л 721317Л 721323Л 721325Л 721327Л 721413Л 721423Л 721415Л 721425Л 721417Л 751427Л	7,00 2,00 0,94	4,38 1,25 0,59	5,00 1,82 0,86	4,50 1,33 0,63	— — —
721313Д 721315Д 721317Д 721323Д 721325Д 721327Д 721413Д	5,00 1,43	3,13 0,89	3,80 1,30	3,70 0,95	— —

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
721423Д 721415Д 721425Д 721417Д 751427Д	0,67	0,42	0,61	0,45	—
721180Л 721360Л 721460Л 721380Л 721480Л	7,75 2,21 1,04	4,84 1,38 0,65	5,75 2,01 0,94	5,25 1,47 0,69	— — —
721180Д 721360Д 721460Д 721380Д 721480Д	5,70 1,63 0,77	3,50 1,02 0,48	4,50 1,48 0,70	4,40 1,09 0,51	— — —
721192 721392 721491 721195 721395 721495 721197 721397 721497	5,00 1,43 0,67	3,13 0,89 0,42	3,80 1,30 0,61	3,70 0,95 0,45	4,20 1,60 0,75
721396 721496	3,80 1,09 0,51	4,38 1,25 0,59	5,00 1,82 0,86	4,50 1,33 0,63	— — —
721510Л 721630Л 721651Л 721652Л 721661Л	4,50 1,29 0,61	2,81 0,80 0,38	3,50 1,17 0,55	3,40 1,10 0,52	— — —
721510Д 721630Д 721651Д 721652Д 721661Д	3,80 1,09 0,51	2,38 0,68 0,32	3,20 0,99 0,47	3,10 0,91 0,43	— — —
721620Л 721640Л 721654Л	7,00	4,38	5,00	4,50	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
721655Л	2,00	1,25	1,82	1,33	—
721656Л					
721657Л	0,94	0,59	0,86	0,63	—
721663Л					
721664Л					
721620Д					
721640Д	5,00	3,13	3,80	3,70	—
721654Д					
721655Д	1,43	0,89	1,30	0,95	—
721656Д					
721657Д	0,67	0,42	0,61	0,45	—
721663Д					
721664Д					
721500Л	7,00	4,38	5,00	4,50	—
721670Л	2,00	1,25	1,82	1,33	—
721680Л	0,94	0,59	0,85	0,63	—
721690Л					
721500Д	5,00	3,13	3,80	3,70	4,20
721670Д	1,43	0,89	1,30	0,95	1,60
721680Д	0,67	0,42	0,61	0,45	0,75
721690Д					
722311Л					
722312Л					
722314Л	4,50	2,81	3,50	3,40	—
722315Л					
722316Л					
722318Л	1,29	0,80	1,17	1,08	—
722412Л					
722414Л					
722416Л	0,61	0,38	0,55	0,51	—
722418Л					
722481Л					
722311Д					
722312Д					
722314Д	3,80	2,38	3,20	3,10	—
722315Д					
722316Д					
722318Д	1,09	0,68	0,99	0,91	—
722412Д					
722414Д					
722416Д	0,51	0,32	0,47	0,43	—
722418Д					
722481Д					
722313Л					
722317Л					
722413Л	7,00	4,38	5,00	4,50	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
722417Л 722483Л 722320Л 722420Л 722340Л 722440Л	2,00 0,94	1,25 0,59	1,82 0,86	1,33 0,63	— —
722313Д 722317Д 722413Д 722417Д 722483Д 722320Д 722420Д 722340Д 722440Д	5,00 1,43 0,67	3,13 0,89 0,42	3,80 1,30 0,61	3,70 0,95 0,45	— — —
722350Л 722450Л 722370Л 722470Л	7,80 2,23 1,05	4,88 1,39 0,65	5,80 2,03 0,95	5,30 1,49 0,70	— — —
722350Д 722450Д 722370Д 722470Д	5,80 1,66 0,78	3,63 1,04 0,49	4,70 1,51 0,71	4,60 1,11 0,52	— — —
722390 722490	3,80 1,09 0,51	2,38 0,68 0,32	3,20 0,99 0,47	3,10 0,91 0,43	— — —
722500Л	11,32 3,38 1,59	7,08 2,02 0,95	8,71 3,07 1,44	7,92 2,82 1,33	— — —
722500Д	8,70 2,49 1,17	5,44 1,55 0,73	6,69 2,26 1,06	7,20 2,08 0,98	— — —
722600Л	7,00 2,00 0,94	4,38 1,25 0,59	5,00 1,82 0,86	4,50 1,33 0,63	— — —
722600Д	5,00 1,43 0,67	3,13 0,89 0,42	3,00 1,30 0,61	3,70 0,95 0,45	— — —

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
723100	5,00	8,00	—	—	—
	2,04	2,85	—	—	—
	0,96	1,34	—	—	—
723200Л	6,00	3,75	4,50	4,00	—
723300Л	1,71	1,07	1,55	1,43	—
	0,80	0,50	0,73	0,67	—
723200Д	4,00	2,50	3,50	3,40	4,40
723300Д	1,14	0,71	1,04	0,95	1,27
	0,54	0,33	0,49	0,45	0,60
723400Л	—	—	—	—	16,00
725100Л	—	—	—	—	6,15
	—	—	—	—	2,89
723400Л	—	—	—	—	8,00
725100Л	—	—	—	—	3,08
	—	—	—	—	1,45
724200-9	—	—	—	13,50	—
724500-9	—	—	—	0,90	—
	—	—	—	0,42	—
724200-8	—	—	—	8,44	—
724500-8	—	—	—	0,56	—
	—	—	—	0,26	—
724200-7	—	—	—	7,11	—
724500-7	—	—	—	0,47	—
	—	—	—	0,22	—
724200-6	—	—	—	6,14	—
724500-6	—	—	—	0,41	—
	—	—	—	0,19	—
724200-5	—	—	—	5,40	—
724500-5	—	—	—	0,36	—
	—	—	—	0,17	—
724200-4	—	—	—	4,82	—
724500-4	—	—	—	0,32	—
	—	—	—	0,15	—
724200-3	—	—	—	4,22	—
724500-3	—	—	—	0,28	—
	—	—	—	0,13	—
724200-2	—	—	—	3,37	—
724500-2	—	—	—	0,23	—
	—	—	—	0,11	—
725200Л	—	—	—	—	20,00
	—	—	—	—	7,70
	—	—	—	—	3,62
725200Д	—	—	—	—	9,00
	—	—	—	—	3,50
	—	—	—	—	1,65

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
725300-9	—	—	—	13,50	—
	—	—	—	0,69	—
	—	—	—	0,32	—
725300-8	—	—	—	8,44	—
	—	—	—	0,43	—
	—	—	—	0,20	—
725300-7	—	—	—	7,11	—
	—	—	—	0,36	—
	—	—	—	0,17	—
725300-6	—	—	—	6,14	—
	—	—	—	0,31	—
	—	—	—	0,15	—
725300-5	—	—	—	5,40	—
	—	—	—	0,28	—
	—	—	—	0,13	—
725300-4	—	—	—	4,82	—
	—	—	—	0,25	—
	—	—	—	0,12	—
725300-3	—	—	—	4,22	—
	—	—	—	0,22	—
	—	—	—	0,10	—
725300-2	—	—	—	–3,37	—
	—	—	—	0,17	—
	—	—	—	0,08	—
731100-9	—	—	—	13,50	—
731200-9					
731300-9					
731400-9	—	—	—	0,90	—
732100-9					
732200-9					
732300-9	—	—	—	0,42	—
733550-9					
733570-9					
731100-8	—	—	—	8,44	—
731200-8					
731300-8					
731400-8	—	—	—	0,56	—
732100-8					
732200-8					
732300-8	—	—	—	0,26	—
733550-8					
733570-8					
731100-7	—	—	—	7,11	—
731200-7					
731300-7					

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
731400-7					
732100-7	—	—	—	0,47	—
732200-7					
732300-7					
733550-7	—	—	—	0,22	—
733570-7					
731100-6					
731200-6	—	—	—	6,14	—
731300-6					
731400-6					
732100-6	—	—	—	0,41	—
732200-6					
732300-6					
733550-6	—	—	—	0,19	—
733570-6					
731100-5					
731200-5	—	—	—	5,40	—
731300-5					
731400-5					
732100-5	—	—	—	0,36	—
732200-5					
732300-5					
733550-5	—	—	—	0,17	—
733570-5					
731100-4					
731200-4	—	—	—	4,80	—
731300-4					
731400-4					
732100-4	—	—	—	0,32	—
732200-4					
732300-4					
733550-4	—	—	—	0,15	—
733570-4					
731100-3					
731200-3	—	—	—	4,22	—
731300-3					
731400-3					
732100-3	—	—	—	0,28	—
732200-3					
732300-3					
733550-3	—	—	—	0,13	—
733570-3					
731100-2					
731200-2	—	—	—	3,37	—
731300-2					
731400-2					

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
732100-2	—	—	—	0,23	—
732200-2					
732300-2					
733550-2	—	—	—	0,11	—
733570-2					
733100	12,00	—	5,00	4,50	9,10
	4,49	—	1,87	1,70	3,50
733200	2,11	—	0,88	0,80	1,65
733400-9					
734400-9	—	—	—	13,50	—
734510-9					
734520-9	—	—	—	0,69	—
734530-9					
734540-9	—	—	—	0,32	—
734660-9					
735200-9					
733400-8					
734400-8	—	—	—	8,44	—
734510-8					
734520-8	—	—	—	0,43	—
734530-8					
734540-8	—	—	—	0,20	—
734660-8					
735200-8					
733400-7					
734400-7	—	—	—	7,11	—
734510-7					
734520-7	—	—	—	0,60	—
734530-7					
734540-7	—	—	—	0,17	—
734660-7					
735200-7					
733400-6					
734400-6	—	—	—	6,14	—
734510-6					
734520-6	—	—	—	0,31	—
734530-6					
734540-6	—	—	—	0,15	—
734660-6					
735200-6					
733400-5					
734400-5	—	—	—	5,40	—
734510-5					
734520-5	—	—	—	0,28	—
734530-5					
734540-5	—	—	—	0,13	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
734660-5 735200-5					
733400-4 734400-4 734510-4 734520-4 734530-4 734540-4 734660-4 735200-4	— — — — — — — —	— — — — — — — —	— — — — — — — —	4,82 0,25 0,12	— — — — — — — —
733400-3 734400-3 734510-3 734520-3 734530-3 734540-3 734660-3 735200-3	— — — — — — — —	— — — — — — — —	— — — — — — — —	4,22 0,22 0,10	— — — — — — — —
733400-2 734400-2 734510-2 734520-2 734530-2 734540-2 734660-2 735200-2	— — — — — — — —	— — — — — — — —	— — — — — — — —	3,37 0,17 0,08	— — — — — — — —
733510 733520 733530 733540 734300	17,00 9,86 4,63	— — — — —	5,50 3,19 1,50	5,00 2,90 1,36	— — — — —
735300-1 — 735500-1	— — —	— — —	— — —	— — —	7,80 2,80 1,32
735300-2 — 735500-2	— — —	— — —	— — —	— — —	10,00 3,60 1,69
735400-1 — 735600-1	— — —	— — —	— — —	— — —	8,50 3,10 1,46
735400-2 — 735600-2	— — —	— — —	— — —	— — —	11,00 4,00 1,88
741100 — 741200	3,20 1,60 0,75	— — —	— — —	2,50 1,57 0,74	3,50 1,36 0,64

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
741300	3,20	—	—	2,50	3,80
	1,60	—	—	1,57	1,43
	0,75	—	—	0,74	0,67
741400	3,20	—	2,60	1,90	4,90
741500	1,60	—	1,38	1,05	1,89
742100	0,75	—	0,65	0,49	0,89
741600	3,50	—	—	1,90	6,10
	1,77	—	—	1,05	1,89
742200	0,83	—	—	0,49	0,89
743100	6,00	—	3,00	2,50	—
743200	3,36	—	1,68	1,40	—
743300	1,58	—	0,79	0,66	—
743400					
743600	6,00	—	3,00	2,50	4,60
	3,36	—	1,68	1,40	2,60
	1,58	—	0,79	0,66	1,22
745100	—	—	—	—	4,00
	—	—	—	—	1,53
	—	—	—	—	0,72
745200	—	—	—	—	6,00
745300	—	—	—	—	2,30
745400	—	—	—	—	1,08
745500	—	—	—	—	6,50
	—	—	—	—	2,50
	—	—	—	—	1,13
745600-1	—	—	—	—	6,80
	—	—	—	—	2,60
	—	—	—	—	1,22
745600-2	—	—	—	—	8,80
	—	—	—	—	3,30
	—	—	—	—	1,55
746100	4,50	—	—	—	—
	2,23	—	—	—	—
	1,05	—	—	—	—
746200	4,90	—	—	—	—
746300	2,47	—	—	—	—
746410	1,16	—	—	—	—
746420					
746440	12,20	7,60	—	—	—
746450	6,97	4,36	—	—	—
746460	3,28	2,05	—	—	—
746600					
746500	—	—	—	—	6,00
	—	—	—	—	2,30
	—	—	—	—	1,08

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
746700	5,00 2,04 0,96	— — —	— — —	— — —	— — —
747100 747300 747400 747600 747700	— — —	8,00 2,85 1,34	— — —	— — —	— — —
751110Л 751170Л 751191Л 751194Л 751210Л 751220Л 751251Л 751271Л	8,00 2,29 1,08	5,00 1,48 0,70	5,00 2,08 0,98	4,50 1,91 0,90	— — —
751110Д 751170Д 751191Д 751194Д 751210Д 751220Д 751251Д 751271Д	7,00 2,00 0,94	4,38 1,25 0,59	4,00 1,82 0,86	3,50 1,68 0,79	— — —
751120 751130 751140 751150 751160 751180 751192 751195 751230 751253 751254 751273 751274	9,00 2,57 1,21	5,63 1,61 0,76	4,80 2,34 1,10	4,30 1,71 0,80	10,00 2,86 1,34
751310Л 751341Л 751391Л 751394Л 751410Л 751441Л 751461Л 751462Л	8,84 2,53 1,19	5,53 1,58 0,74	5,20 2,30 1,08	4,73 2,11 0,99	— — —
751310Д					

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
751341Д	7,84	4,90	4,61	4,19	–
751391Д					
751394Д	2,24	1,40	2,04	1,87	–
751410Д					
751441Д	1,05	0,66	0,96	0,88	–
751461Д					
751462Д					
751320Л					
751330Л					
751343Л					
751344Л	10,84	6,87	6,79	6,26	–
751382Л					
751383Л					
751385Л					
751386Л	3,10	1,94	2,38	2,17	–
751420Л					
751430Л					
751443Л					
751444Л	1,46	0,91	1,12	1,02	–
751463Л					
751464Л					
751320Д					
751330Д					
751343Д					
751344Д	9,84	6,15	7,79	5,26	–
751382Д					
751383Д					
751385Д					
751386Д	2,81	1,76	2,55	1,87	–
751420Д					
751430Д					
751443Д					
751444Д	1,32	0,83	1,20	0,88	–
751463Д					
751464Д					
751510Д					
751520Д					
751530					
.....	3,20	–	–	2,50	3,50
.....	1,60	–	–	1,57	1,36
751590	0,75	–	–	0,74	0,64
751611Л					
751612Л					
751614Л	7,00	4,38	4,60	4,20	–
751615Л					
751616Л	2,00	1,25	1,82	1,67	–

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
751621Л 751625Л 751630Л 751741Л	0,94	0,59	0,86	0,78	—
751611Д 751612Д 751614Д 751615Д 751616Д 751621Д 751625Д 751630Д 751741Д	5,20 1,49 0,70	3,25 0,93 0,44	4,60 1,35 0,63	4,20 1,24 0,58	— — —
751613Л 751622Л 751626Л 751742Л 751746Л	10,00 2,86 1,34	6,25 1,79 0,84	5,80 2,60 1,22	5,30 1,91 0,90	— — —
751613Д 751622Д 751626Д 751742Д 751746Д	9,00 2,57 1,21	5,63 1,61 0,76	4,80 2,34 1,10	4,30 1,71 0,80	— — —
751640	5,00 2,04 0,96	— — —	— — —	— — —	— — —
751660 751680 751690	5,50 3,36 1,58	— — —	3,00 1,68 0,79	2,50 1,40 0,66	— — —
751720 751730 751750	6,00 3,36 1,58	— — —	3,00 1,68 0,79	2,50 1,40 0,66	4,60 2,60 1,22
751760	10,00 2,86 1,34	6,25 1,79 0,84	5,80 2,60 1,22	5,30 1,91 0,90	— — —
751820 751880	7,66 2,19 1,03	4,79 1,37 0,64	5,89 1,99 0,94	5,36 1,83 0,86	8,51 2,50 1,18
751891Л	8,00 2,29 1,08	5,00 1,43 0,67	5,00 2,08 0,98	4,50 1,91 0,90	— — —

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
751891Д	7,00	4,38	4,00	3,50	—
	2,00	1,25	1,82	1,68	—
	0,94	0,59	0,86	0,79	—
751892Л	10,00	6,25	5,80	5,30	—
.....	2,82	1,79	2,60	1,91	—
751895Л	1,33	0,84	1,22	0,90	—
751892Л	9,00	5,63	4,80	4,30	—
.....	2,57	1,61	2,34	1,71	2,86
751895Л	1,21	0,76	1,10	0,80	1,34
752210	4,10	—	—	1,70	—
752280	2,04	—	—	0,85	—
752290	0,96	—	—	0,40	—
752311	4,60	2,88	3,55	3,45	—
752312	1,31	0,82	1,19	0,87	—
	0,62	0,39	0,56	0,41	—
752313	7,00	4,38	5,00	4,50	—
752314	2,00	1,25	1,82	1,33	—
	0,94	0,59	0,86	0,79	—
752320	4,50	2,81	3,80	3,70	—
	1,29	0,80	1,17	0,86	—
	0,61	0,38	0,55	0,40	—
752360	3,50	—	—	1,90	6,10
753200	1,77	—	—	1,05	2,43
753300	0,83	—	—	0,49	1,14
752610	3,20	—	—	2,50	3,80
752650	1,60	—	—	1,57	1,43
	0,75	—	—	0,74	0,67
752620	—	—	—	—	6,00
752660	—	—	—	—	2,30
	—	—	—	—	1,08
752630	—	—	—	—	7,80
752670	—	—	—	—	2,80
	—	—	—	—	1,32
753100Л	10,00	6,25	5,80	5,30	—
	2,86	1,79	2,60	1,91	—
	1,34	0,84	1,22	0,90	—
753100Д	9,00	5,63	4,80	4,30	—
	2,57	1,61	2,34	1,71	—
	1,21	0,76	1,10	0,80	—
753400	13,00	—	5,00	4,50	—
	4,49	—	1,87	1,70	—
	2,11	—	0,88	0,80	—

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
753500	1,30	—	—	—	—
753630	0,68	—	—	—	—
753765	1,23	—	1,12	0,82	—
753772					
753774	0,58	—	0,53	0,39	—
753776					
753778					
754100	4,90	3,00	3,77	3,43	5,40
	1,40	0,88	1,27	1,17	1,60
754200	0,66	0,41	0,60	0,55	0,75
754300	3,20	—	—	2,50	3,50
	1,60	—	—	1,57	1,36
754400	0,75	—	—	0,74	0,64
758100	3,00	1,89	2,50	2,50	—
	0,86	0,54	0,78	0,72	—
758240	0,40	0,25	0,37	0,34	—
758210					
758220					
758230	2,00	1,25	1,80	1,80	—
758270					
758280					
758290	0,57	0,36	0,52	0,48	—
758300					
758586					
758520	0,27	0,17	0,24	0,23	—
758530					
758410					
.....	3,00	1,88	2,80	2,50	—
.....	0,86	0,54	0,78	0,72	—
758470	0,40	0,25	0,37	0,34	—
758480	4,90	3,06	3,77	3,43	5,40
	1,40	0,88	1,27	1,17	1,60
758490	0,66	0,41	0,60	0,55	0,75
758550	2,40	—	—	—	3,10
	1,22	—	—	—	1,02
758560	0,57	—	—	—	0,48
758570	6,00	—	3,00	2,50	4,60
758581	3,36	—	1,68	1,40	2,60
758584	1,58	—	0,79	0,66	1,22
753670	0,32	—	—	—	—
753610					
753620	—	—	—	—	1,43
753640					
753650	—	—	—	—	0,57
753660					
753680	—	—	—	—	0,27

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
753711					
753712					
753721	3,00	–	2,85	2,80	–
753722					
753723	0,86	–	0,88	0,72	–
753751					
753752	0,40	–	0,41	0,34	–
753736					
753761					
753713					
753724					
753725					
753726	4,00	–	3,50	3,40	–
753727					
753728					
753741					
753753	1,14	–	1,04	0,76	–
753754					
753757					
753762					
753763	0,54	–	0,49	0,36	–
753771					
753773					
753775					
753714					
753742					
753755	4,30	–	3,30	3,70	–
753764					
754100	4,90	3,00	3,77	3,43	5,40
	1,40	0,88	1,27	1,17	1,60
754200	0,66	0,41	0,60	0,55	0,75
754300	3,20	–	–	2,50	3,50
	1,60	–	–	1,57	1,36
754400	0,75	–	–	0,74	0,64
758100	3,00	1,89	2,50	2,50	–
	0,86	0,54	0,78	0,72	–
758240	0,40	0,25	0,37	0,34	–
758210					
758220					
758230	2,00	1,25	1,80	1,80	–
758270					
758280					
758290	0,57	0,36	0,52	0,48	–
758300					
758586					
758520	0,27	0,17	0,24	0,23	–

Продолжение таблицы П7.1

1	2	3	4	5	6
758530					
758410					
.....	3,00	1,88	2,80	2,50	–
.....	0,86	0,54	0,78	0,72	–
758470	0,40	0,25	0,37	0,34	–
758480	4,90	3,06	3,77	3,43	5,40
	1,40	0,88	1,27	1,17	1,60
758490	0,66	0,41	0,60	0,55	0,75
758550	2,40	–	–	–	3,10
	1,22	–	–	–	1,02
758560	0,57	–	–	–	0,48
758570	6,00	–	3,00	2,50	4,60
758581	3,36	–	1,68	1,40	2,60
758584	1,58	–	0,79	0,66	1,22

Таблица П7.2 – Значения нормативных коэффициентов по видам технологических операций

Код по классификатору ЕСКД	Отрезная	Токарная	Фрезерная	Сверлильная	Расточная	Шлифовальная	Зубообработка	Строгальная (долобежная)	Проточная	Отделочная	Слесарная	Штамповка	Сварка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
711100 - 711500	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
711600 - 711700	0,04	0,60	0,08	0,06	0,02	0,05	-	0,03	0,02	0,001	0,10	-	-
712100 - 712200	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
712300 - 712500	0,04	0,54	0,08	0,10	0,03	0,07	-	0,03	0,003	0,01	0,10	-	-
712600 - 712700	0,04	0,60	0,08	0,06	0,02	0,05	-	0,03	0,02	0,001	0,10	-	-
713100 - 713500	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
713600 - 713700	0,04	0,60	0,08	0,06	0,02	0,05	-	0,03	0,02	0,001	0,10	-	-
714100 - 714200	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
714300 - 714500	0,04	0,54	0,08	0,10	0,03	0,07	-	0,03	0,003	0,01	0,10	-	-
714600 - 714700	0,04	0,60	0,08	0,06	0,02	0,05	-	0,03	0,02	0,001	0,10	-	-
715100 - 716200	0,02	0,51	0,11	0,03	0,03	0,21	-	0,03	-	0,001	0,09	-	-
716300 - 716700	0,01	0,56	0,03	0,01	0,01	0,29	-	0,02	-	0,002	0,09	-	-
721100 - 721600	0,02	0,32	0,04	0,01	-	0,11	0,39	0,01	0,03	0,01	0,08	-	-
722300 - 722400	0,02	0,40	0,06	0,01	-	0,08	0,30	0,01	0,05	0,01	0,06	-	-
722500	0,01	0,51	0,02	0,01	-	0,43	-	-	-	-	0,02	-	-
722600	0,02	0,40	0,06	0,01	-	0,08	0,30	0,01	0,05	0,01	0,06	-	-
723100	0,02	0,51	0,11	0,03	0,03	0,21	-	0,03	-	0,001	0,09	-	-
723200 - 723300	0,04	0,28	0,17	0,09	0,04	0,08	-	0,03	0,03	0,001	0,24	-	-
723400	0,12	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	0,70	0,09	0,07
724200 - 724500	-	-	0,16	0,03	0,49	0,05	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,01
725100 - 725200	0,12	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	0,70	0,09	0,07
725300	-	-	0,24	0,05	0,31	0,12	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,02
726100	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
726210 - 726720	0,04	0,60	0,08	0,06	0,02	0,05	-	0,03	0,001	0,02	0,10	-	-
726280	0,02	0,51	0,11	0,03	0,03	0,21	-	0,03	-	0,001	0,09	-	-
726380	0,01	0,55	0,03	0,01	0,01	0,29	-	0,02	-	0,01	0,09	-	-
726390	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
73110 - 731400	-	-	0,16	0,03	0,49	0,05	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,01
731600 - 731800	0,04	0,31	0,35	0,09	0,03	0,02	-	-	-	0,02	0,14	-	-
732100 - 732300	-	-	0,16	0,03	0,49	0,05	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,01
733400 - 733500	-	-	0,24	0,05	0,31	0,12	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
733100, 733200,													
734300	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02
734400	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
734510 - 734540	-	-	0,24	0,05	0,31	0,12	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,02
734560, 734610,													
734640	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
734660	-	-	0,24	0,05	0,31	0,12	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,02
735200	-	-	0,24	0,05	0,31	0,12	-	0,06	-	0,02	0,24	-	0,02
735300 - 737600	0,10	0,01	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,002	0,66	0,17	0,02
741000 - 742000	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
743000	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02
745000	0,10	0,01	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,002	0,66	0,17	0,02
746100 - 746600	0,12	-	0,52	0,05	-	-	-	0,08	-	-	0,28	0,02	0,01
746700, 747000	0,10	0,01	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,002	0,66	0,17	0,02
751100 - 751200	0,01	0,24	0,25	0,04	0,04	0,05	0,20	0,01	0,01	0,01	0,15	-	-
751300 - 751400	0,01	0,33	0,16	0,02	0,03	0,13	0,15	0,01	0,01	-	0,15	-	-
751500	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
751610 - 751630	0,02	0,38	0,23	0,11	0,04	0,03	-	0,01	0,01	0,001	0,17	-	-
751640	0,10	0,01	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,002	0,66	0,17	0,02
751660 - 751690	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02
751710, 751760	0,01	0,51	0,02	0,01	-	0,43	-	-	-	-	0,02	-	-
751720 - 751750	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02
751810, 751850	0,01	0,51	0,02	0,01	-	0,43	-	-	-	-	0,02	-	-
751820, 751880	0,02	0,32	0,04	0,01	-	0,11	0,39	0,01	0,03	0,01	0,08	-	-
751870	0,02	0,40	0,06	0,01	-	0,08	0,30	0,01	0,05	0,01	0,06	-	-
751890	0,01	0,24	0,25	0,04	0,04	0,05	0,20	0,01	0,01	0,01	0,15	-	-
752100 - 752200	0,04	0,31	0,35	0,09	0,03	0,02	-	-	-	0,02	0,14	-	-
752310	0,08	0,45	0,13	0,10	0,03	0,08	-	0,03	0,003	0,01	0,12	-	-
752320	0,04	0,54	0,08	0,10	0,03	0,07	-	0,03	0,003	0,01	0,10	-	-
752340	0,04	0,31	0,35	0,09	0,03	0,02	-	-	-	0,02	0,14	-	-
752360	0,04	0,33	-	-	-	0,02	-	-	-	0,01	0,57	-	-
753100	0,02	0,38	0,23	0,11	0,04	0,03	-	0,01	0,01	0,001	0,17	-	-
753200 - 753300	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
753400	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02
753500	0,07	0,33	-	-	-	0,02	-	-	-	0,01	0,57	-	-
753600	0,05	0,15	0,10	0,22	-	0,02	-	-	-	0,01	0,45	-	-
753710 - 753720	0,04	0,54	0,08	0,10	0,03	0,07	-	0,03	0,003	0,01	0,10	-	-

Продолжение таблицы П7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
753730, 753780	0,10	0,01	0,02	-	0,01	0,01	-	-	-	0,002	0,65	0,17	0,02
753740 - 753770	0,04	0,54	0,08	0,10	0,03	0,07	-	0,03	0,003	0,01	0,10	-	-
754100 - 754400	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
758100 - 758400	0,08	0,51	0,15	0,03	-	0,03	-	-	-	0,001	0,15	-	-
758520 - 758530	0,08	0,51	0,15	0,03	-	0,03	-	-	-	0,001	0,15	-	-
758550 - 758570	0,06	0,01	0,26	0,18	0,10	0,09	-	0,06	-	0,006	0,29	0,004	-
758580	0,01	0,02	0,19	0,07	0,43	0,01	-	0,02	-	0,02	0,23	-	0,02

Примеры расчета
механической работы для определения
коэффициента физической напряженности

Для расчета внешней механической работы, производимой системой человек – орудие труда – предмет труда, в различных видах трудовой деятельности применимы законы механики.

Методы расчета поясним конкретными примерами. Грузится бутовый камень на автомашину при следующих условиях: вес одного камня в среднем 4 кг, всего камней 1000 шт., время 1 час, высота броска 2 м, длина броска 1,5 м, вес грузчика примем за 65 кг. Требуется рассчитать механическую работу (в кгм/мин).

Если средний рост человека 170 см, тогда длина ноги может быть принята равной 0,9 м, длина руки – 0,7 м, длина шага в положении с расставленными ногами – 0,6 м. Относительный вес отдельных частей и звеньев человеческого тела:

голова – 0,0724	голень – 0,0500
туловище – 0,439	стопа – 0,0158
плечо – 0,0299	туловище + голова – 0,5114
предплечье – 0,0205	вся рука – 0,0577
бедро – 0,1206	вся нога – 0,1865
кисть – 0,0075	голова + туловище + две руки – 0,6288

В одновременных движениях человеческого тела и камня как единой системы можно выделить следующие фиксированные состояния перехода из одного положения в следующее:

- 1) исходное положение – расставленные на длину шага ноги, руки опущены по швам;
- 2) положение с согнутыми в коленях ногами, туловище перпендикулярно к горизонту, тело опускается из исходного положения на 0,2 м;
- 3) положение с согнутыми в коленях ногами и опущенным вниз туловищем, правая рука схватила камень; туловище опускается еще на 0,2 м;
- 4) ноги в коленях выпрямлены, туловище поднялось на 0,2 м;
- 5) туловище с камнем в правой руке поднимается в исходное положение еще на 0,2 м;
- 6) рука с камнем отводится назад от положения равновесия на 0,4 м;
- 7) правая рука выбрасывает камень вверх и в кузов машины. Камень летит как тело, выброшенное вверх под углом к горизонту. Высота 1,2 м, длина 1,5 м;
- 8) рука опускается в исходное положение.

На основе законов механики с практически достаточной точностью можно определить кинетическую энергию каждого из 8 положений и в целом всей работы.

1. Работа опускания туловища:

$$A = P \cdot \Delta h, \quad (\text{П8.1})$$

где P – вес тела – 65 кг; Δh – высота опускания – 0,2 м;

$$A = 65 \times 0,2 = 13 \text{ кгм.}$$

2. Работа опускания туловища без учета веса ног:

$$A_2 = P \times 0,63 \times \Delta h = 65 \times 0,63 \times 0,2 = 8,2 \text{ кгм.}$$

3. Подъем туловища:

$$A_3 = P \times \Delta h = 65 \times 0,2 = 13 \text{ кгм.}$$

4. Подъем туловища с камнем без учета веса ног:

$$A_4 = (P \times 0,63 + P_k) \times 0,6 = (65 \times 0,63 + 4) \times 0,6 = 27 \text{ кгм.}$$

5. Работа отвода руки назад:

$$E_5 = m_5 \times \left(\frac{\varphi \times l_p}{t_5^2} \right)^2, \quad (\text{П8.2})$$

где m_5 – масса руки с камнем.

$$m_5 = \frac{65 \cdot 0,06 + 4}{9,8} = 4,4 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}};$$

φ – угол качания руки при её отводе назад на 40 см и длине руки 70 см;

$$\varphi = 35^\circ = 0,51 \text{ рад.}$$

Время t_5 (сек) определяется исходя из того, что за 1 час грузится 1000 камней. Следовательно, на 1 камень приходится 3,6 сек, и на одно движение $3,6/6 = 0,6$ сек.

$$E_5 = m_5 \times \left(\frac{\varphi \times l_p}{t_5^2} \right)^2 = 4,4 \left(\frac{0,51 \cdot 0,7}{0,5} \right)^2 = 3,1 \text{ кгм,}$$

6. Для выброса камня на длину S и высоту h необходимо придать камню такую начальную скорость, чтобы его кинетической энергии было достаточно для совершения горизонтального движения на длину S .

По законам движения тела, брошенного вверх под углом без сопротивления воздуха, можно определить:

а) дальность полёта –

$$S = \frac{\sin 2\alpha \cdot V_0^2}{g}; \quad (\text{П8.3})$$

следовательно, максимальное значение будет при угле $\alpha = 45^\circ$;

б) высоту полёта –

$$h = \frac{\sin^2 \alpha \cdot V_0^2}{2g}; \quad (\text{П8.4})$$

в) работу свободного падения – $A_g = Ph$;

г) работу поступательного движения с постоянной скоростью –

$$A_n = \frac{m \cdot v^2}{2}. \quad (\text{П8.5})$$

При расстоянии $S = 1,5$ м и $\alpha = 45^\circ$

$$v_0 = \sqrt{S \cdot g} = \sqrt{1,5 \cdot 9,8} = 3,9 \text{ м/сек,}$$

то есть для того, чтобы камень долетел на расстояние 1,5 м, необходимо сообщить ему скорость при сбросе с руки 3,9 м/сек.

Дополнительная высота подъёма:

$$h_1 = \frac{\sin^2 \alpha \cdot V_0^2}{2g} = \frac{0,49 \cdot 14,7}{2 \cdot 9,8} = 0,4 \text{ м}.$$

Работа, совершаемая при непосредственном выбросе камня:

$$A_6 = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + P_1(h_1 + h - 0,6),$$

где m – масса камня; V_0 – скорость камня при сбросе с руки; P_1 – вес камня; h_1 – дополнительная высота полёта камня после сброса с руки; h – заданная высота укладки камня (высота кузова 2 м); 0,6 – высота, на которой находился камень в положении 6.

$$A_6 = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + P_1(h_1 + h - 0,6) = \frac{4 \cdot 3,9^2}{2 \cdot 9,8} + 4(0,4 + 0,2 - 0,6) = 10 \text{ кгм}.$$

7. Работу, совершаемую падающей в исходное положение рукой, с допустимым приближением можно определить:

$$A_7 = P_p \cdot \Delta h = 65 \cdot 0,05 \cdot 1,5 = 5 \text{ кгм}.$$

Полная работа за цикл погрузки 1 камня:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + E_5 + A_6 + A_7 = 13 + 8,2 + 13 + 27 + 3,1 + 10 + 5 = 80 \text{ кгм}.$$

$$\text{Полная работа погрузки камней за 1 мин: } A = \frac{1000}{60} \cdot 80 = 1280 \text{ кгм/мин}.$$

Таким же способом рассчитывается механическая работа в любом виде физического труда. Из приведенных в примере формул видно, что определение внешней механической работы произведено без учета ускорений. В действительности в конкретных видах работы движение тела и его отдельных частей совместно с орудиями и предметом труда происходит по сложным пространственным системам с ускорением или замедлением. Следовательно, в результат расчета механической работы по приведенным формулам вносится некоторая погрешность, влияющая в основном на абсолютные значения работы. Для снижения погрешности процесс работы можно разложить на отдельные виды движений (микроэлементы) и рассчитать механическую работу с применением еще более точных методов и вычислительных систем.

Однако для выяснения общей закономерности зависимости энергообмена от величины внешней механической работы достаточно применить и приближенные методы расчета.

Таблица П9.1 – Таблица для подбора коэффициента «а»

Наименование видов деятельности	Значение коэффициента «а»	Факторы, влияющие на величину коэффициента «а»
Сидение на месте	—	—
Стояние на месте	—	—
Движение корпусом и руками, стоя на месте Движение корпусом взад-вперед, руки двигаются целенаправленно с постоянной нагрузкой вместе с корпусом. Типовой пример: работа напильником в тисках	3,0÷4,5	Число движения корпуса и рук, вместе взятых. Величина нагрузки, или усилие сопротивления движению корпуса и рук
Ходьба без груза	0,8÷1,4	Скорость движения корпуса. При скорости движения 4 км/час коэффициент $a = 1,00$
Ходьба с грузом	1,5÷5,5	Скорость ходьбы. Вес груза. При ходьбе со скоростью 3 км/час 100 кг груза $a = 5,5$
Толкание предметов с одновременным движением человека. Типовой пример: толкание тележек	3,0÷4,5 При силе толкания 11,6 кг – 3,3; 16,1 кг – 4,0	Усилие толкания (не вес предмета!). При тяге коэффициент «а» увеличивается на 1,15 (умножать выбранную для толкания величину)
Подъем и опускание рук с грузом. Типовой пример: работа молотом, трамбовкой	3,0÷3,5	Вес груза. Число движений рук. При работе молотом весом 4,4 кг и при 15 ударах в минуту $a = 3,1$
Подъем по лестнице и наклонной плоскости	3,5÷8,5	Наклон лестницы. Скорость подъема. Вес груза. При наклоне 10°, $V = 7,24$ м/мин без груза, $a = 3,75$. При наклоне 90°, $V = 11,9$ м/мин, груз – 50 кг, $a = 8,3$
Наклон корпуса вниз, подъем корпуса вверх с одновременным движением рук с грузом. Типовой пример: работа лопатой по выбросу песка из траншеи	2,0÷3,5	Вес груза. Число наклонов. Длина сброса груза. Высота сброса груза
Движение руками и передвижение по горизонтальной плоскости с наклоном корпуса. Типовой пример: окапывание картофеля ручной тяпкой	2,5÷3,0	Наклон корпуса. Число движений руками. Вес груза

Таблица П9.2 – Результаты расчета механической работы

Наименование видов работ	Расход внутренней энергии без учета основного обмена, ккал/мин	Механическая работа, совершаемая системой человек-орудие-предмет труда, кгм/мин	Отношение механической работы к расходу внутренней энергии, кгм/ккал	Расчетный коэффициент соотношения статической и динамической нагрузки на мышцы (<i>a</i>)
1	2	3	4	5
Сидение на месте без движения	0,3			
Стояние на месте без движения	0,7			
Ходьба без груза, скорость – 2 км/час	1,2	300	250	0,84
» – 3 »	1,7	500	294	1,00
» – 4 »	2,1	710	337	1,00
» – 5 »	2,8	850	304	1,23
» – 6 »	3,8	1300	330	1,19
» – 7 »	5,4	1700	314	1,38
Ходьба с грузом 10 кг, скорость 4 км/час	3,6	840	235	1,73
» 30 кг, » 4,0 »	5,3	1120	212	2,05
» 50 кг, » 4,0 »	8,1	1240	153	3,00
» 75 кг, » 3,5 »	11,7	1300	110	4,24
» 100 кг, » 3,0 »	15,0	1300	87	5,50
Работа лопатой $s = 1,0$ м; $h = 0,5$ м; $n = 15$ бросков	6,3	1200	190	2,34
» $s = 1,0$ м; $h = 1,0$ м; $n = 6$ бросков	6,6	1085	184	2,72
» $s = 1,0$ м; $h = 1,5$ м; $n = 12$ бросков	8,0	1170	146	3,06
Работа лопатой $s = 1,0$ м; $h = 2,0$ м; $n = 12$ бросков	8,9	1240	139	3,30
» $s = 2,0$ м; $h = 0,5$ м; $n = 12$ бросков	7,2	1280	178	2,54
» $s = 2,0$ м; $h = 1,0$ м; $n = 10$ бросков	7,8	1200	153	2,96
» $s = 2,0$ м; $h = 1,5$ м; $n = 10$ бросков	9,0	1280	142	3,24
» $s = 2,0$ м; $h = 2,0$ м; $n = 10$ бросков	10,0	1340	134	3,47
» $s = 3,0$ м; $h = 1,0$ м; $n = 10$ бросков	8,8	1450	165	2,80
» $s = 3,0$ м; $h = 1,5$ м; $n = 10$ бросков	9,5	1520	174	2,90

Наименование видов работ	Расход внутренней энергии без учета основного обмена, ккал/мин	Механическая работа, совершаемая системой человек-орудие-предмет труда, ктм/мин	Отношение механической работы к расходу внутренней энергии, ктм/ккал	Расчетный коэффициент соотношения статической и динамической нагрузки на мышцы (<i>a</i>)
1	2	3	4	5
» $s = 3,0 \text{ м}; h = 2,0 \text{ м}; n = 10 \text{ бросков}$	10,4	1580	152	3,07
Толкание тележки $v = 3,6 \text{ км/час}; F = 11,6 \text{ кг}$ » $v = 3,6 \text{ км/час}; F = 16 \text{ кг}$	7,7 10,6	1055 1250	136 117	3,30 3,96
Тяга тележки $v = 3,6 \text{ км/час}; F = 11,6 \text{ кг}$ » $v = 3,6 \text{ км/час}; F = 16,1 \text{ кг}$	8,5 10,9	1055 1250	123 114	3,70 4,08
Подъем по плоскости с наклоном 10° $v = 7,24 \text{ м/мин}$, без груза То же с запячным грузом 20 кг » 50 кг	4,9 6,1 9,2	560 760 1100	115 125 120	3,74 3,56 3,86
Наклон 25° , $v = 17,6 \text{ м/мин}$, без груза То же с грузом 20 кг » 50 кг	13,3 17,2 26,3	1180 1620 2250	89 94 86	5,35 5,10 5,70
Подъем по лестнице с наклоном $30,5^\circ$, ступеньки – ширина 29 см , высота $17,2 \text{ см}$, 100 ступенек, скорость $17,2 \text{ м/мин}$, без груза То же с грузом 20 кг » 50 кг	13,7 18,4 26,3	1220 1575 2111	89 85 80	5,35 5,62 6,00
Подъем по приставной лестнице, расстояние между ступеньками 17 см , 70 ступенек в минуту, груз на спине, наклон 50° , скорость подъема $9,12 \text{ м/мин}$, без груза То же с грузом 20 кг » 50 кг	6,6 8,4 13,2	656 938 12134	84 110 93	4,50 4,10 5,15
Наклон лестницы 70° , скорость подъема $11,2 \text{ м/мин}$, без груза То же с грузом 20 кг » 50 кг	8,0 10,2 16,0	781 1012 1348	94 100 84	4,62 4,69 5,65

Наименование видов работ	Расход внутренней энергии без учета основного обмена, ккал/мин	Механическая работа, совершаемая системой человек-орудие-предмет труда, кгм/мин	Отношение механической работы к расходу внутренней энергии, кгм/ккал	Расчетный коэффициент соотношения статической и динамической нагрузки на мышцы (<i>a</i>)
1	2	3	4	5
Наклон лестницы 90°, скорость подъёма 11,9 м/мин, без груза	10,4	831	82	5,83
То же с грузом 20 кг	13,5	1069	79	6,00
» 50 кг	24,3	1425	58	8,27
Работа молотом, двуручная ударная работа с полной силой, вес молота 4,4 кг, 15 ударов в минуту, удар сверху	7,9	1070	147	3,06
То же круговой удар	6,7	1187	178	2,53
То же вес молота 10,6 кг, удар сверху	8,2	1000		
То же круговой удар	7,3	1180		
Опиловка железа, 42 движения напильником в минуту	2,0	200		
То же, 60 движений в минуту	2,5	300		
То же, 90 движений в минуту	4,2	415		

Расчет коэффициентов микроклимата K_m

Коэффициент поправки напряженности труда на отклонение микроклимата от комфортной (благоприятной) зоны определяется по нижеизлагаемой методике без постановки физиологических экспериментов и может быть использован как для оценки существующего, так и проектируемого рабочего места.

В условиях машиностроительных предприятий, где подавляющее большинство работ выполняется в помещениях с практически постоянной скоростью движения воздуха ($V = 0,1-0,2$ м/сек) и относительной влажностью, близкой к комфортной ($\nu = 60-70\%$), можно с достаточной для практики точностью применять приближенный метод Н. К. Витте. Сущность его метода состоит в следующем.

Принимается, что теплообмен радиацией, конвекцией и испарением является функцией метеорологических условий и выработки внутренней энергии. Исходя из этого предположения, путем расчетов по эмпирическим формулам и таблицам определяется расход энергии:

1. На потери тепла радиацией R .
2. На потери тепла конвекцией C .
3. На потери тепла испарением P .

Потери тепла радиацией и конвекцией рассчитываются по формулам:

1. Для человека, находящегося в покое (сидеть, стоять, лежать) при температуре воздуха в рабочей зоне $t_b < 35^\circ$,

$$R+C = 0,08 \times (t_b - 35) \text{ ккал/мин};$$

при температуре воздуха $t_b \geq 35^\circ\text{C}$

$$R+C = 0,13 \times (t_b - 35) \text{ ккал/мин.}$$

2. Для человека, выполняющего работы легкие и средней тяжести (работы с соответствующими коэффициентами физической напряженности $K_{\text{фн}} \leq 2,2$) при температуре воздуха в рабочей зоне $t_b < 35^\circ\text{C}$,

$$R+C = 0,11 \times (t_b - 35) \text{ ккал/мин};$$

при температуре воздуха $t_b \geq 35^\circ\text{C}$

$$R+C = 0,17 \times (t_b - 35) \text{ ккал/мин.}$$

3. Для человека, выполняющего тяжелые работы (коэффициенты физической напряженности $K_{\text{фн}} > 2,2$) при температуре воздуха $t_b = 0 \div 50^\circ\text{C}$,

$$R+C = 0,2 \times (t_b - 35) \text{ ккал/мин.}$$

Потери тепла на испарение выделяющегося пота определяют по эмпирической формуле:

$$P = [0,6 + \alpha (t_b - 10)^2] \times 0,585 \times \eta_p \text{ ккал/мин},$$

где α – коэффициент удельного испарения влаги, величина которого определяется экспериментально в зависимости от температуры воздуха. В таблице 1 приведены значения α ; t_b – температура воздуха в рабочей зоне в градусах Цельсия; 0,585 – экспериментально найденное значение теплоты, в среднем потребной для испарения 1 г пота; η_p – коэффициент эффективности влаговыделения, то есть отношение количества выделенной влаги к количеству влаги, которое максимально может испариться при данных условиях. Этот коэффициент вводится в связи с тем, что при выполнении работ не вся выделившаяся влага успевает испариться. Значения η_p даются в таблице П9.2.

Таблица П10.1 – Величина коэффициента α (по Н.К. Витте)

Температура воздуха °C, t_b	α	Температура воздуха °C, t_b	α	Температура воздуха °C, t_b	α
12	0,0015	24	0,0029	42	0,0045
14	0,0018	32	0,0038	44	0,0046
16	0,0020	34	0,0040	46	0,0047
18	0,0022	36	0,0042	48	0,0048
20	0,0024	38	0,0043	50	0,0049
22	0,0027	40	0,0044		

Таблица П10.2 – Значение коэффициента η_p (по Н.К. Витте)

Температура воздуха, °C	η_p
22	0,75-0,90
32	0,69-0,84
45	0,49-0,58

Формулы и таблицы для расчетов потерь тепла, связанных с радиацией, конвекцией и испарением, заимствованы из работы. (Гуменер П.И. Изучение терморегуляции в гигиене и физиологии труда. М.: Медгиз, 1962). В этой же работе приведены и другие более точные методы расчета теплотерь в зависимости от изменения микроклимата.

На основе расчетов теплотерь конвекцией, радиацией и испарением и выработки внутренней энергии составляется баланс теплообмена человеческого организма с внешней средой:

$$Q = E \pm R \pm C - P \text{ ккал/мин},$$

где Q – величина дисбаланса в теплообмене может быть отрицательной (потеря тепла) и положительной (накопление тепла), ккал/мин; E – выработка внутренней энергии в данном (исследуемом) виде работы или технологической операции, ккал/мин; R – теплотери радиацией, ккал/мин, взятые с соответствующим знаком (+ или –); C – теплотери конвекцией, ккал/мин, взятые с соответствующим знаком (+ или –); P – теплотери испарением, ккал/мин.

Задаваясь температурой воздуха в рабочей зоне, для каждого вида работы можно рассчитать и составить таблицу дисбалансов теплообмена. По таблице затем можно найти комфортную зону температур.

Поправочный коэффициент на микроклимат:

$$K_m = \frac{Q_t + E}{Q_k + E},$$

где Q_t – дисбаланс теплообмена при данной температуре воздуха, ккал/мин; несмотря на знак, дисбаланс берется как положительная величина; Q_k – дисбаланс теплообмена при температуре воздуха, соответствующей комфортной зоне, ккал/мин; E – выработка внутренней энергии, определяемой по формуле

$$E = E_0 + a \cdot \frac{A}{500} \text{ ккал/мин,}$$

где $E_0 = 1,7$ ккал/мин для работ, выполняемых стоя; $E_0 = 1,3$ ккал/мин для работ, выполняемых сидя; a и A определяются по методике, изложенной ранее для расчета коэффициента соотношения статической и динамической нагрузок на мышцы и определения величины механической работы.

Рассмотрим несколько примеров.

1. Человек весом 65 кг, ростом 170 см, одетый в обычную комнатную одежду (белье, рубашка, полушерстяной костюм), находится в состоянии покоя:

$$E = 1,5 \text{ ккал/мин.}$$

2. Человек с аналогичными (пример 1) данными ходит по ровной твердой поверхности со скоростью 4 км/час.

3. Человек с теми же (пример 1) антропометрическими данными грузит бутовый камень на грузовую автомашину.

Необходимо для этих примеров определить расчетным методом комфортную зону температур и поправочные коэффициенты K_m .

Для состояния покоя расчет $R + C$ проведем по формулам:

$$R + C = 0,008 \times (t_b - 35) \text{ и } R + C = 0,13 \times (t_b - 35).$$

Для ходьбы со скоростью 4 км/час

$$R + C = 0,11 \times (t_b - 35) \text{ и } R + C = 0,17 \times (t_b - 35).$$

Для погрузки камня

$$R + C = 0,2 \times (t_b - 35).$$

Потери тепла испарением для всех примеров определяются из формулы

$$P = [0,6 + \alpha (t_b - 10)^2] \times 0,585 \times \eta_p.$$

Количество выработанной энергии принято на основе ранее полученного решения:

1. Покой – $E = 1,7$ ккал/мин;
2. Ходьба со скоростью 4 км/час – $E = 3,1$ ккал/мин;
3. Погрузка камня – $E = 10,0$ ккал/мин.

Результаты расчета приведены в таблице П10.3.

Внутренняя энергия (теплопродукция) взята с учетом основного обмена. Если принять неизменной величину выработки внутренней энергии в связи с изменением температуры окружающего воздуха, то K_m будет изменяться от 1,00 до 1,83. При повышении температуры воздуха за пределы оптимальной (комфортной зоны) человек снижает темп работы и, следовательно, изменяет величину выработки внутренней энергии. Это влечет за собой и снижение влаговыделения и испарения. При снижении же температуры воздуха за пределы комфортной человек меняет одежду и тем самым снижает отдачу тепла конвекцией и радиацией. Следовательно, этим регулируется теплообмен.

Учитывая изложенное, по практическим соображениям предел K_m можно ограничить величиной 1,50.

Различные группы тяжести имеют соответствующие границы комфортной зоны температур, которые выделены ломаной линией (таблица П10.4).

Коэффициенты поправки на микроклимат при различных сочетаниях температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне для своего расчета требуют особо специальных методов.

Таблица П10.3 – Результаты расчёта K_m для 3-х примеров

Вид деятельности	Температура воздуха в рабочей зоне, °С	Теплопотери радиацией и конвекцией ($R+C$), ±ккал/мин.	Коэффициент a	Коэффициент эффективности выделения	Теплопотери влаговыделением (P , ккал/мин)	Выработка внутренней энергии E , ккал/мин	Баланс теплообмена Q , ±ккал/мин	Коэффициент K_m
Покой	0	-2,80	–	–	–	1,5	-1,30	1,80
	10	-2,00	–	–	–	1,5	-0,50	1,29
	18	-1,36	0,0022	1,00	0,43	1,5	-0,29	1,15
	20	-1,20	0,0024	1,00	0,50	1,5	-0,20	1,10
	25	0,80	0,0029	0,90	0,65	1,5	+0,05	1,00
	30	0,40	0,0036	0,84	1,00	1,5	+0,10	1,03
	35	–	0,0041	0,84	1,75	1,5	-0,25	1,13
Ходьба со скоростью 4 км/час	40	4-0,65	0,0044	0,70	1,85	1,5	+0,30	1,16
	45	1,30	0,0046	0,58	2,10	1,5	+0,70	1,42
	50	+1,95	0,0049	0,58	2,87	1,5	+0,58	1,35
	0	-3,96	–	–	–	3,1	-0,86	1,23
	10	-2,75	–	–	–	3,1	+0,35	1,07
	12	-2,53	0,0015	1,00	0,35	3,1	+0,12	1,00
	15	-2,20	0,0019	1,00	0,38	3,1	+0,48	1,10
Погрузка бутылки на грузовую автомашину, 1000 шт. в час	20	-1,65	0,0024	1,00	0,50	3,1	+0,95	1,26
	25	-1,10	0,0029	0,90	0,65	3,1	+1,35	1,38
	30	-0,55	0,0036	0,84	1,00	3,1	+1,55	1,44
	35	–	0,0041	0,84	1,00	3,1	+1,35	1,38
	40	+0,85	0,0044	0,70	1,85	3,1	+2,10	1,61
	45	+1,70	0,0046	0,58	2,10	3,1	+2,70	1,80
	50	+2,55	0,0049	0,58	2,87	3,1	+2,78	1,83
	0	-7,0	–	–	–	10,0	+3,00	1,00
	10	-5,0	–	–	–	10,0	+5,00	1,15
	12	-4,6	0,0015	1,00	0,35	10,0	+5,05	1,15
Погрузка бутылки на грузовую автомашину, 1000 шт. в час	15	-4,0	0,0019	1,00	0,38	10,0	+5,62	1,20
	20	-3,0	0,0024	1,00	0,50	10,0	+6,50	1,27
	25	-2,0	0,0029	0,90	0,65	10,0	+7,35	1,33
	30	-1,0	0,0036	0,84	1,00	10,0	+8,00	1,32
	35	–	0,0041	0,84	1,75	10,0	+8,25	1,40
	40	+1,0	0,0044	0,70	1,85	10,0	+9,15	1,47
	45	+2,0	0,0046	0,58	2,10	10,0	+9,90	1,53
	50	+3,0	0,0049	0,58	2,87	25,0	+10,13	1,63

Таблица П10.4 – Поправочные коэффициенты на микроклимат K_m для работ, выполняемых в помещениях ($V = 0,2$ м/сек, $\gamma = 50 \div 70\%$)

Температура воздуха в рабо- чей зоне, °С	Группы тяжести работ									Характеристика групп тяжести работ при v = 0,2 м/сек, γ = 50÷70% и температуре, соответствующей комфортной зоне	
	легкие работы		средней тяжести		тяжелые			очень тяжелые			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
0	1,15	1,08	1,05	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	группа тяжести	коэффициент физической напряженности труда К _{фн}
10	1,07	1,05	1,03	1,00	1,00	1,07	1,09	1,10	1,10		
12	1,05	1,02	1,00	1,00	1,06	1,09	1,11	1,12	1,12		
15	1,02	1,00	1,00	1,07	1,09	1,10	1,12	1,15	1,15	I	
18	1,00	1,00	1,07	1,09	1,10	1,12	1,15	1,20	1,20	II	
20	1,00	1,07	1,09	1,10	1,20	1,15	1,20	1,25	1,25	III	
25	1,00	1,09	1,10	1,12	1,15	1,20	1,25	1,30	1,30	IV	
30	1,03	1,10	1,12	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,35	V	
35	1,08	1,12	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,39	VI	
40	1,12	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,42	1,42	VII	
45	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,42	1,45	1,45	VIII	
50	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,42	1,45	1,48	1,50	IX	

Результаты исследования
влияния аэрозолей на вредность микроклимата

Степень вредности работ устанавливается специалистами медико-санитарных частей и отделов техники безопасности предприятий и санитарно-эпидемиологических станций городов. Специалистами института охраны труда (Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. Выпуск 2 (34), 1965. Выпуск 40, 1966.) проведено исследование биологического действия на организм животных воздушной среды, содержащей: двуокись марганца ($\text{MnO}_2 = 0,57 \text{ мг/м}^3$), хромовый ангидрид ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 1,45 \text{ мг/м}^3$), фтор ($\text{F} = 4,45 \text{ мг/м}^3$), окись азота ($\text{NO} = 5 \text{ мг/м}^3$), двуокись азота ($\text{NO}_2 = \text{следы}$), фтористый водород ($\text{HF} = 3 \text{ мг/м}^3$). Температура среды поддерживалась на уровне 24°C при относительной влажности 72-78%. Наблюдения продолжались в течение 9 месяцев по 5-6 часов ежедневно, кроме выходных дней.

Для изучения вредного воздействия пыли и газов был выбран интегральный метод, по которому определяются изменения не в отдельных органах или системах, а во всем организме.

В ходе исследования определяли морфологию крови, поглощение кислорода, динамику веса, мышечную утомляемость, мышечную активность, электрочувствительность кожи, фагоцитоз пыли, коэффициент веса внутренних органов, а также проводились гистологические исследования внутренних органов. Кроме того, вели наблюдения за поведением животных и их внешним видом. С точки зрения энергетики организма выявлено изменение поглощения кислорода через 3, 6 и 9 месяцев (таблица П11.1).

Таблица П11.1 – Поглощение кислорода животными

Длительность пребывания животных в камере	Группы животных	Количество поглощенного кислорода, мл/час/кг	
		самцы	самки
3 месяца	подопытные	2490	2450
	контрольные	1905	1935
6 месяцев	подопытные	1678	1515
	контрольные	1702	1622
9 месяцев	подопытные	1285	1353
	контрольные	1922	1632

Из таблицы видно, что, находясь в камере первые три месяца, подопытные животные потребляют кислорода на 26-30 процентов больше, чем контрольные, а в дальнейшем наблюдается обратное явление, потребление кислорода уменьшается на 20-48 процентов. Выработка внутренней энергии вначале увеличивается, затем снижается. И то, и другое отрицательно влияет на организм, вызывая в нем увеличение напряжения.

Наряду с исследованиями хронического действия пыли и газов в воздушной среде, были проведены наблюдения и при остром отравлении животных. Для этой цели в экспериментальной камере сжигалось не 3 смэлектродов в час, как это проводилось прежде, а половина электродов марок 606/11, 981/15 и УОНИ-13/45. В результате создавалась воздушная среда, показанная в таблице П11.2.

Таблица П11.2 – Характеристика воздушной среды в камере

Марка электрода	Концентрация пыли и газов в камере, мг/м ³ (величины средние)								
	пыль	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	F	SiF ₄	NO	NO ₂	CO	HF
606/11	280-330	20,2	22,5	32,1	4	17	1	15	22
981/15	270-325	23,3	15,0	–	–	20	2	–	–
УОНИ	250-320	6,8	0,053	22,0	6	24	3	30	32

Действия такой концентрации пыли и газов привело к гибели животных. Конкретные данные показаны в таблице П11.3.

Таблица П11.3 – Результаты экспериментов с животными

Марка электрода	Количество животных	Срок гибели животных, дни								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9-20
606/11	11	0	2	3	3	1	1	1	0	–
981/15	12	0	0	0	2	5	1	2	2	–
УОНИ	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы видно, что при сварке электродами УОНИ-13/45 все животные на протяжении 20-дневных испытаний оставались живы. При сварке электродами 606/11 все животные погибли в течение 7 дней, при сварке электродами 981/15 – в течение 8 дней. Это свидетельствует о большой токсичности электродов марки 606/11 и 981/15 из-за больших концентраций MnO₂ и Cr₂O₃.

Таблица П12.1 – Членение приёма на отдельные движения и действия

Наименование приема	Наименование действий	Наименование движений
Установка и снятие детали в самоцентрирующем патроне с креплением ключом	Взять деталь	Протянуть руку. Захватить деталь рукой.
	Установить деталь в патроне	Переместить деталь до места установки (правой рукой). Переместить деталь (правой рукой) до точки соприкосновения детали с местом установки. Переместить деталь (правой рукой) внутри патрона.
	Взять ключ	Протянуть руку (левую). Захватить ключ.
	Закрепить деталь	Переместить руку с ключом. Вставить ключ в гнездо патрона. Протянуть (правую) руку. Повернуть руку с ключом.
	Отложить ключ	Переместить руку с ключом. Отпустить ключ.
	Взять ключ	Протянуть руку (левую). Захватить ключ.
	Открепить деталь	Переместить руку с ключом. Вставить ключ в гнездо. Протянуть руку (правую). Повернуть руку с ключом.
	Положить ключ	Протянуть руку с ключом Отпустить ключ
	Снять и отложить деталь	Протянуть руку (правую). Захватить деталь рукой. Разъединить деталь с патроном. Переместить руку (правую) с деталью. Сделать шаг в сторону (если приёмный стол в стороне). Отпустить деталь.

Последовательность микроэлементного анализа операции

В зависимости от цели применения системы микроэлементных движений меняется и последовательность исследования.

Проектируемая операция. Разработать операцию. Представить себе ее особенности и организовать сбор информации. Спланировать метод выполнения работы. Детально проанализировать операцию, установить ее продолжительность. Рассчитать механическую работу, совершаемую исполнителем. Определить коэффициенты, учитывающие особенности микроклимата и условий воздушной среды (уровень аэрозолей). Рассчитать коэффициент физической напряженности труда.

Наблюдаемая операция. Наблюдать операцию для усвоения общего метода работы и ее цели. Проанализировать операцию в общих чертах и записать имеющуюся информацию. Записать метод выполнения работы. Проанализировать его и установить продолжительность операции. Рассчитать механическую работу, совершаемую исполнителем. Замерить параметры микроклимата и уровень аэрозолей. Рассчитать коэффициент физической напряженности труда.

Перекрываемые движения. При выполнении большинства производственных операций желательно, чтобы в работе одновременно участвовала более чем одна часть тела, что обычно позволяет достигнуть наиболее эффективного метода выполнения операции. Когда два или более движений совмещены или перекрывают друг друга, все они могут быть выполнены за то же самое время, которое требуется для осуществления самого длительного, то есть перекрывающего движения.

Совмещенными называют два или более движений, выполняемых одновременно одной частью тела. Например, когда деталь поворачивают в руке во время перемещения ее к месту назначения, элемент «повернуть» совмещается с элементом «переместить». Точно так же во время перемещения детали к месту назначения рука может перехватить деталь или изменить ее положение. В большинстве случаев одним из совмещенных движений является элемент «переместить». Когда встречаются такие движения, перекрывающим считается движение, требующее наибольшего времени. Норматив для перекрывающего движения является нормативным временем для всей группы совмещенных движений.

Одновременными называют движения, выполняемые одновременно двумя или более частями тела. Даже если продолжительность каждого из этих движений неодинакова, рабочий, повинаясь естественному чувству ритма, начинает и заканчивает их в одно и то же время. Поэтому перекрывающим в данном случае будет то движение, на которое установлен более высокий норматив времени. На основании данных анализа элементов операции определяется механическая работа, совершаемая частями тела совместно с деталью или органами управления оборудования, оснасткой и инструментом за 1 минуту при выполнении микродвижений.

$$A_{\text{мкэ}} = \frac{\sum A_i}{\sum t_i} \cdot 60,$$

где A_i – работа, совершаемая на i -м микродвижении, кгм; t – продолжительность выполнения i -го микродвижения, сек; Σ – суммирование по всей операции.

Формула дает возможность определить среднюю величину механической работы, совершаемой за 1 минуту. Следует найти наиболее «тяжелый» микроэлемент. Для этого можно

построить график в прямоугольной системе координат, откладывая по оси ординат работу в кгм/мин и по оси абсцисс – соответствующее обозначение микроэлементного движения. При расчете механической работы делается допущение, что каждый микроэлемент длится 1 минуту, хотя на самом деле этого может и не быть. **При расчете коэффициента физической напряженности величина совершаемой механической работы берется по самому тяжелому микроэлементу.**

Следует иметь в виду, что при расчете механической работы по микроэлементам учтена не вся работа, совершаемая человеческим телом. При таком расчете невозможно учесть движения корпуса и всего тела, которые происходят одновременно с основным, фиксируемым в карте микродвижением. Например, при движении «протянуть руку» одновременно испытывает движение и корпус тела, однако в величине механической работы для этого микродвижения работа, совершаемая корпусом тела, не учтена. Кроме того, человек, двигая частями тела при выполнении работы, постоянно переступает с ноги на ногу, происходят незначительные опускания и подъемы всего тела, повороты корпуса, которые непосредственному фиксированию, измерению и расчету не поддаются. Наблюдениями за различными видами работ на металлорежущем оборудовании установлено, что эти произвольные движения корпуса и всего тела соответствуют ходьбе со скоростью 2 км/час, для которой расчетами найдена величина работы – 300 кгм/мин. Работу сидя можно принять за 120 кгм/мин.

Следовательно, при работе стоя общая механическая работа, вычисленная методом расчета по микроэлементам, будет:

$$A = 300 + A_{\text{мкэ}},$$

и при работе сидя

$$A = 120 + A_{\text{мкэ}}.$$

В формулах $A_{\text{мкэ}}$ – суммарная работа, рассчитанная по выделенным при анализе микроэлементам.

Таблица П13.1 – Система микроэлементов движений

№ п/п	Название микроэлемента	Условное обознач.	Описание движения
1	2	3	4
1.	Взять	B_1	Взять предмет единичный и легко захватываемый, то же отпустить.
2.	Взять	B_2	Взять предмет диаметром до 12 мм, трудно захватываемый.
3.	Взять	B_3	Перехватить или переложить предмет из одной руки в другую.
4.	Нажать	H	Нажать на органы управления оборудования: кнопки, фасонные гайки, рукоятки эксцентрикового зажима, гаечные ключи.
5.	Установить	Y_1	Установить с целью свободного соединения без нажима.
6.	Установить	Y_2	Установить с целью тугого соединения с легким нажимом.
7.	Установить	Y_3	Установить с целью плотного соединения с сильным нажимом.
8.	Разъединить	P_1	Разъединить свободное соединение с очень слабым усилием. Движение незаметно переходит в движение «Переместить».
9.	Разъединить	P_2	Разъединить тугое соединение с нормальным усилием при незначительном произвольном отдергивании руки.
10.	Разъединить	P_3	Разъединить плотное соединение со значительным усилием, с отчетливо выраженным произвольным отдергиванием руки.

Продолжение таблицы

1	2	3	4
11.	Протянуть руку	Пр ₁	Протянуть руку без груза в горизонтальной плоскости из исходного положения: рука находится на уровне груди и согнута в локте под углом 30°. Для выполнения этого элемента почти не требуется внимания, он может выполняться автоматически, самопроизвольно, например, движение руки к рычагу управления станка.
12.	Протянуть руку	Пр ₂	Протянуть руку без груза в горизонтальной плоскости из исходного положения: рука находится на уровне груди и согнута в локте под углом 30°. Это движение руки к предмету, лежащему вперемешку со многими другими предметами. При выполнении этого движения рабочий должен решить, какой предмет выбрать, и управлять своим движением, чтобы выполнить следующее за ним движение.
13.	Переместить	Пг ₁	Переместить руку с грузом в горизонтальной плоскости из исходного положения: рука согнута в локте под прямым углом.
14.	Переместить	Пг ₂	Переместить руку с грузом в горизонтальной плоскости из исходного положения: рука отведена в сторону на уровень плечевого сустава и согнута в локте под углом 30°.
15.	Переместить	Пв	Переместить руку с грузом вверх из исходного положения.
16.	Переместить	По	Переместить руку с грузом вниз из исходного положения.
17.	Повернуть Руку с грузом	ПГ	Повернуть кисть руки с грузом вокруг продольной оси руки.
18.	Повернуть корпус	ПК ₁	Повернуть корпус в исходном положении «стоять».
19.	Повернуть корпус	ПК ₂	Повернуть корпус в исходном положении «сидеть».
20.	Незначительно наклониться	На ₁	Корпус сгибается в талии, и верхняя часть его опускается с тем, чтобы вытянутой рукой достать колено или чуть ниже.
21.	Низко наклониться	На ₂	Наклонить корпус так, чтобы руками достать предмет, находящийся на полу.
22.	Выпрямиться из положения «незначительно наклониться»	ВНа ₁	
23.	Выпрямиться из положения «низко наклониться»	ВНа ₂	
24.	Опустить на одно колено	О ₁	Начинается в момент сгибания корпуса и заканчивается в момент касания пола коленом.
25.	Опустить на два колена	О ₂	Вначале выполняется элемент «опуститься на одно колено», затем вес тела осторожно переносится на это колено, а затем – на второе.
26.	Встать содного колена	ВО ₁	
27.	Встать с двух колен	ВО ₂	
28.	Сесть	С	Начинается с момента, когда человек занял такое положение, из которого он может опуститься на сиденье, стул или скамью без дополнительных движений корпуса или ног.
29.	Встать из положения «сидя»	ВС	
30.	Движение ступни	ДС	Движение ступни в вертикальной плоскости.
31.	Движение ноги	ДН	Движение голени или всей ноги в коленном или тазобедренном суставе в вертикальной плоскости.
32.	Шаг в сторону	Ш ₁	Шаг в сторону с отставлением ноги из исходного положения «стоять, ноги вместе».

Продолжение таблицы

1	2	3	4
33.	Шаг в сторону	Ш2	Шаг в сторону с приставлением ноги из исходного положения «стоять, ноги врозь».
34.	Вращение рукоятки	ПО	Поворот рукоятки органа управления станком вокруг вертикальной или горизонтальной оси на 360°.
35.	Вращение рукоятки	ПО ₁	Поворот рукояток и рычагов приспособлений вокруг горизонтальной или вертикальной оси на 360°.
36.	Вращение рукоятки	ПО	Поворот гаечных ключей вокруг горизонтальной или вертикальной оси на 360°.
37.	Переместить тележку с грузом	ПТ ₁	Толкание тележки по горизонтальной плоскости.
38.	Переместить тележку с грузом	ПТ ₂	Перемещение тележек тягой вручную по горизонтальной плоскости.
39.	Опустить груз из рук	ОГ	К началу микроэлемента груз (любой предмет) находится в руке, затем освобождается от усилий удерживания в руке путем разжатия пальцев.
40.	Ходить	Х ₁	Ходьба без груза и с грузом до 10 кг со скоростью 3,5 км/час, при длине шага 0,62 м.
41.	Ходить	Х ₂	Ходьба с грузом от 10 до 30 кг со скоростью 3,0 км/час, при длине шага 0,59 м.
42.	Держать	Д ₁	Держать в руке предмет без усилия или с легким нажимом пальцами.
43.	Держать	Д ₂	Держать рукой предмет с усилием нажима рукой от себя, на себя или сильно сжимая в пальцах.
44.	Смотреть	С ₁	Наблюдать движением глаз без поворота и с поворотом головы на 180°.
45.	Смотреть	С ₂	Всмотреться в тот или иной признак предмета (размер, цвет, форму, деление на шкале, цифру и т. п.)

Таблица П14.1 – Основные термины и определения в области аттестации рабочих мест по условиям труда

Термины	Определения
Аттестация рабочих мест по условиям труда	Система анализа и оценки рабочих мест для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работающих с условиями труда, сертификации производственных объектов, для подтверждения или отмены права предоставления компенсаций и льгот работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда
Безопасность	Отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба (ГОСТ Р 1.0-92)
Безопасные условия труда	Условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и опасных производственных факторов исключено или их уровни не превышают гигиенических нормативов (гигиенические критерии) <i>Примечание:</i> Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, утвержденные Госкомсанэпиднадзором России 12 июля 1994 г., Р 2.2.013-94
Безопасность труда	Состояние условий труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов (ГОСТ 12.0.002-80)
Вредные условия труда	Условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство (гигиенические критерии)
Вредный производственный фактор	Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности <i>Примечание:</i> в зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным (ГОСТ 12.0.002-80)
Гигиена труда	Система обеспечения здоровья работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (гигиенические критерии)
Гигиенические нормативы условий труда	Уровни вредных производственных факторов, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений (гигиенические критерии). Соблюдение гигиенических нормативов условий труда не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц
Допустимые условия труда	Условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают уровней, установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство (гигиенические критерии)
Опасные (экстремальные) условия труда	Условия труда, характеризующиеся такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений (гигиенические критерии)

Опасный производственный фактор	Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002-80)
Оптимальные условия труда	Такие условия, при которых сохраняется не только здоровье работающих, но и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности (гигиенические критерии)
Охрана труда	Система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия («Основы законодательства Российской Федерации об охране труда», принятые Верховным Советом Российской Федерации 6 августа 1993 г.)
Постоянное рабочее место	Место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% или более 2 часов непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона (ГОСТ 12.1.005-88)
Рабочая зона	Пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих (ГОСТ 12.1.005-88)
Травмобезопасность	Соответствие рабочих мест требованиям безопасности труда, исключающим травмирование работающих в условиях, установленных нормативными правовыми актами по охране труда
Тяжелые работы	Работы, отражающие преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма, выполнение которых связано с вовлечением более чем 2/3 мышечной массы человека
Условия труда	Совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 12.0.002-80)

Каждое рабочее место по выделенному к идентификации производственному фактору относится к классу (подклассу) условий труда по следующей градации:

- оптимальный – класс 1;
- допустимый – класс 2;
- вредный – класс 3;
 - подкласс 3.1;
 - подкласс 3.2;
 - подкласс 3.3;
 - подкласс 3.4;
- опасный – класс 4.

В результате идентификации комплекса производственных факторов по условиям труда оформляется карточка «Итоговая оценка условий труда на рабочем месте по степени вредности и опасности»:

Наименование фактора	Класс (подкласс) условий труда
Химический	
Биологический	
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	
Шум	
Вибрация общая	
Вибрация локальная	
Инфразвук	
Ультразвук общий	
Ионизирующие излучения	
Неионизирующие излучения	
Параметры микроклимата	
Световая среда	
Тяжесть трудового процесса	
Напряженность трудового процесса	
Общая оценка условий труда	

Сводные результаты расчета квалитметрических параметров производства изделия
«Редуктор цилиндрический одноступенчатый АБВГ303115.094.СБ»
(масса 48,116 кг, определяющий квалитметрический параметр $K_o = 104,107$ квалитштук, $K_{mg} = 100,970$)

Номер детали на сборочном чертеже	Наименование и шифр детали	Масса детали, кг	Единичные каалитметрические параметры						Определяющий каалитметрический параметр	
			сложности геометрической формы детали	массы детали	материала детали	шероховатости поверхностей детали	технологических особенностей детали	общий каалитметрический показатель детали, K_o	каалитметрический показатель массы заготовки, K_{mg}	
1	2 Крышка смотрового люка АБВГ.745152.094	3	4 K_{ϕ}	5 K_m	6 K_n	7 K_R	8 $K_{то}$	9	10	
1	Крышка смотрового люка АБВГ.745152.094	0,190	4,642	0,812	0,850	0,450	1,000	1,775	1,081	
2	Прокладка крышки смотрового люка АБВГ.754142.094	0,011	2,845	0,496	0,500	0,450	1,000	0,317	0,560	
3	Крышка внутреннего смотрового люка АБВГ.735412.094	0,190	7,419	0,812	0,850	0,450	1,000	2,836	1,639	
4	Кольцо АБВГ.711141.094	0,094	1,006	0,734	1,000	0,925	1,160	0,795	0,766	
5	Кольцо АБВГ.711141.094-01	0,040	1,006	0,639	1,000	0,925	1,160	0,693	0,828	
6	Кольцо АБВГ.711141.094-02	0,091	1,006	0,731	1,000	0,925	1,160	0,791	0,998	
7	Крышка подшипника АБВГ.711321.094	0,380	1,401	0,889	1,000	0,925	1,030	1,191	1,201	
8	Крышка подшипника АБВГ.711321.094-01	0,800	1,401	0,972	1,000	0,925	1,030	1,302	1,448	
9	Шайба маслоотбойная АБВГ.711345.094	0,010	1,535	0,486	0,850	0,668	1,000	0,423	0,603	
10	Крышка подшипника АБВГ.711352.094	0,400	2,410	0,895	1,000	0,925	1,030	2,055	2,045	
11	Крышка подшипника АБВГ.711352.094-01	0,830	2,410	0,976	1,000	0,925	1,030	2,242	2,476	

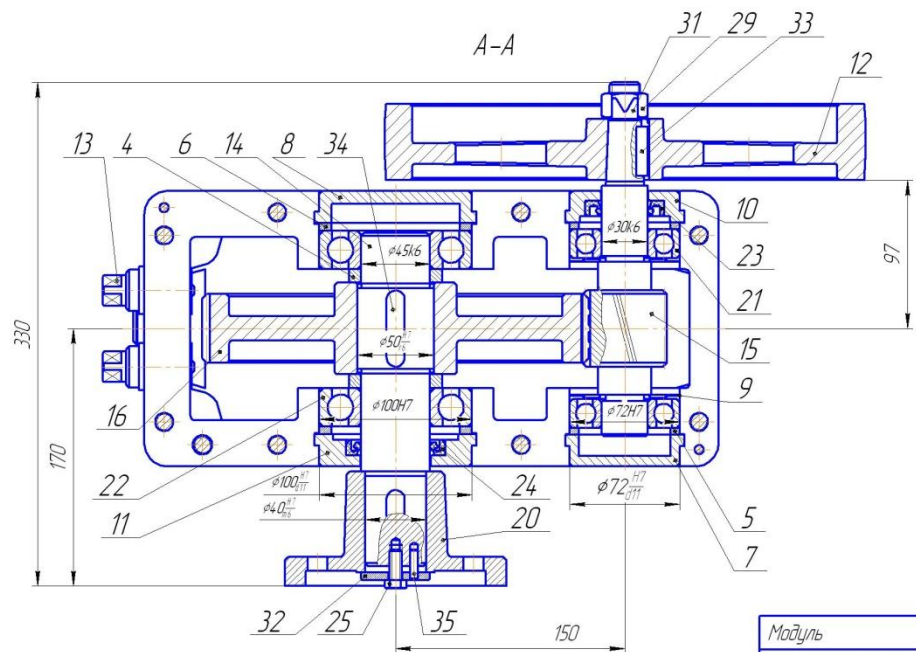
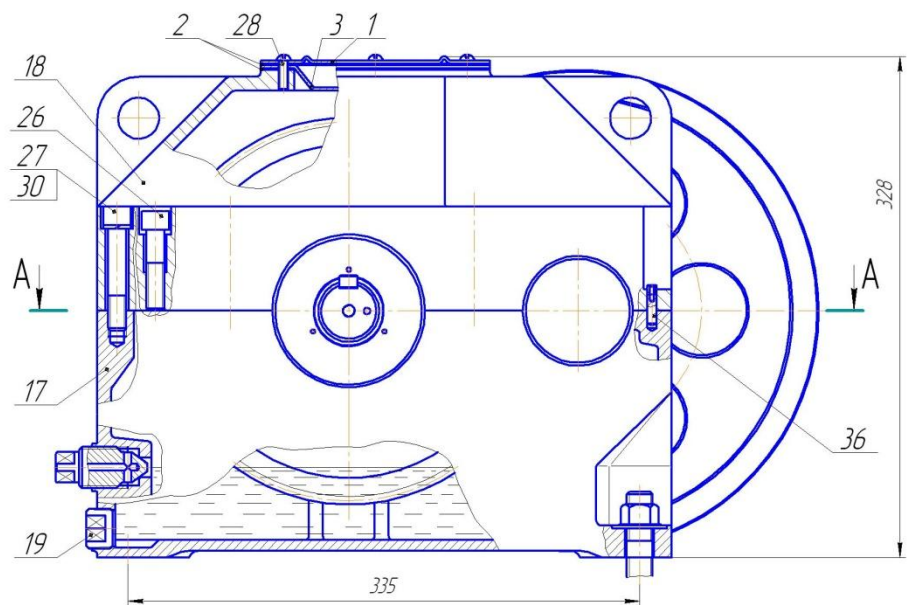
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Шкив АБВГ.711496.094	11,820	3,535	2,552	1,400	1,081	1,030	14,008	1,829
13	Маслоуказатель АБВГ.714522.094	0,170	1,829	0,800	1,000	0,925	1,030	1,390	0,976
14	Вал АБВГ.715434.094	2,650	2,857	1,438	1,000	1,081	1,030	4,560	2,136
15	Вал-шестерня АБВГ.721422.094	1,640	2,636	1,201	1,150	1,081	1,040	4,084	6,504
16	Колесо зубчатое АБВГ.721482.094	9,640	3,248	2,357	1,150	1,081	1,100	10,460	26,254
17	Основание корпуса АБВГ.732115.094	8,190	4,801	2,213	1,400	1,081	1,030	16,575	9,915
18	Крышка корпуса АБВГ.732184.094	7,010	4,901	2,084	1,400	1,081	1,030	15,890	12,949
19	Пробка АБВГ.714121.094	0,050	1,415	0,664	1,000	0,450	1,000	0,423	0,303
20	Полумуфта АБВГ.714356.094	2,380	2,774	1,381	1,000	1,081	1,030	4,249	12,472
25	Болт М8-8gx20.66.029 ГОСТ 7798-70	0,013	1,260	0,515	1,000	0,450	1,000	0,292	0,217
26	Винт М12-6gx55.68.029 ГОСТ 11738-84	0,063	1,367	0,690	1,000	0,450	1,000	0,424	0,324
27	Винт М12-6gx70.68.029 ГОСТ 11738-84	0,076	1,367	0,711	1,000	0,450	1,000	0,437	0,339
28	Винт В.М6-6gx20.48.029 ГОСТ 17473-80	0,006	1,235	0,429	1,000	0,450	1,000	0,238	0,172
29	Гайка М20-6Н.21.12Х18Н9Т ГОСТ 5915-70	0,035	1,889	0,625	1,000	0,450	1,000	0,531	0,410
30	Шайба 12.65Г.029 ГОСТ 6402-70	0,0035	1,152	0,369	1,150	0,354	1,000	0,173	0,125
31	Шайба 20.21 ГОСТ 13463-77	0,0039	1,363	0,381	0,850	0,354	1,000	0,156	0,110
32	Шайба концевая 7019-0627 ГОСТ 14734-69	0,060	1,575	0,684	1,000	0,528	1,000	0,569	0,394
33	Шпонка 10x8x32 ГОСТ 23360-78	0,020	0,997	0,563	1,000	0,850	1,340	0,638	0,423
34	Шпонка 12x8x50 ГОСТ 23360-78	0,040	0,997	0,639	1,000	0,850	1,340	0,726	0,473
35	Штифт 5т6x20 ГОСТ 3128-70	0,0031	0,791	0,356	1,000	0,850	1,030	0,247	0,105
36	Штифт 6x25 ГОСТ 9464-79	0,0051	1,978	0,411	1,000	1,081	1,030	0,901	0,451

Примечание: Квалиметрические параметры редуктора рассчитаны без учета квалиметрических параметров четырех шариковых подшипников (ГОСТ 8338-75) и двух манжет (ГОСТ 8752-79).

Чертеж редуктора цилиндрического одноступенчатого

Дет. поз. 20, 25, 32, 35 условно не показаны

АБВГ. 303115.094 СБ



Технические Характеристика

1. Передаточное число редуктора $i=5$.
2. Вращающий момент на тихоходном валу $T_2 = 295 \text{ Н·м}$.
3. Частота вращения быстроходного вала $n_1 = 360 \text{ об/мин}$.

Технические требования

1. Размеры для справок.
2. Редуктор залить маслом: индустриальное И-Г-А-46 ГОСТ 17479-81.
3. Допускается эксплуатировать редуктор с отклонением от горизонтального положения на угол до 5° . При этом должен быть обеспечен уровень масла, достаточный для смазки зацепления.

Модуль	m	1,5	
Число зубьев	Z_1	33	
	Z_2	165	
Угол наклона зубьев	β	10°	
Ширина	шестерни	b_1	50
	колеса	b_2	45
Степень точности	-	8-B	

Изм. №	Дата	Лист	Листов
1	10.10.15	1	1

АБВГ. 303115.094 СБ			
Разработчик	Лит	Масса	Масштаб
Проверен		80	1:2
Технический	Лист	Листов	1
Начальник			
Удобр			

Копировать

Формат А2

Спецификация редуктора цилиндрического одноступенчатого

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документация</u>			
	A2			АБВГ. 303115.094 СБ	Сборочный чертеж		Ко=104,107	
					<u>Детали</u>			
	A3	1	АБВГ. 745152.094	Крышка смотрового люка	1	Ко=1,775		
	A4	2	АБВГ. 754142.094	Прокладка крышки смотрового люка	2	Ко=0,317		
	A2	3	АБВГ. 735412.094	Крышка внутренняя смотрового люка	1	Ко=2,836		
Подп. и дата	A4	4	АБВГ. 711141.094	Кольцо	2	Ко=0,795		
	A4	5	-01	Кольцо	2	Ко=0,693		
	A4	6	-02	Кольцо	2	Ко=0,791		
	A4	7	АБВГ. 711321.094	Крышка подшипника	1	Ко=1,191		
	A4	8	-01	Крышка подшипника	1	Ко=1,302		
	A4	9	АБВГ. 711345.094	Шайба маслоотбойная	2	Ко=0,423		
	A3	10	АБВГ. 711352.094	Крышка подшипника	1	Ко=2,055		
	A3	11	-01	Крышка подшипника	1	Ко=2,242		
	A1	12	АБВГ. 711496.094	Шкив	1	Ко=14,008		
	A4	13	АБВГ. 714522.094	Маслоуказатель	2	Ко=1,390		
Взам. инв. №	A2	14	АБВГ. 715434.094	Вал	1	Ко=4,560		
	A2	15	АБВГ. 721422.094	Вал-шестерня	1	Ко=4,084		
	A3	16	АБВГ. 721482.094	Колесо зубчатое	1	Ко=10,460		
	A0	17	АБВГ. 732115.094	Основание корпуса	1	Ко=16,575		
Подп. и дата								
	АБВГ.303115.094							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Редуктор цилиндрический одноступенчатый			
	Разраб.							
	Проб.					Лит.	Лист	Листов
	Н.контр.						1	3
Утв.								

Копировал _____ Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A0		18	АБВГ.732184.094	Крышка корпуса	1	Ко=15,890
A4		19	АБВГ.752459.094	Пробка	1	Ко=0,423
A3		20	АБВГ.714356.094	Полумуфта	1	Ко=4,249
				Стандартные изделия		
		21		Подшипник 306	2	
				ГОСТ 8338-75		
		22		Подшипник 309	2	
				ГОСТ 8338-75		
		23		Манжета 11-30х52-1	1	
				ГОСТ 8752-79		
		24		Манжета 11-45х65-1	1	
				ГОСТ 8752-79		
		25		Болт М8-8дх20.66.029	1	Ко=0,292
				ГОСТ 7798-70		
		26		Винт М12-6дх55.68.029	1	Ко=0,424
				ГОСТ 11738-84		
		27		Винт М12-6дх70.68.029	10	Ко=0,437
				ГОСТ 11738-84		
		28		Винт В.М6-6дх20.48.029	6	Ко=0,238
				ГОСТ 17473-80		
		29		Гайка М20-6Н.21.12Х18Н9Т	1	Ко=0,531
				ГОСТ 5915-70		
		30		Шайба 12.65Г.029	10	Ко=0,173
				ГОСТ 6402-70		
		31		Шайба 20.21	1	Ко=0156
				ГОСТ 13463-77		
АБВГ.303115.094						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Копировал

Формат А4

Структурная схема квалиметрических параметров

Результат цитиметрический одноступенчатый АБВГ.303115.094.СБ				К _о
Кол-во	Масса	Сложность		
1	4,8 тб	111,519	104,107	

Крышка ступорного люка АБВГ.745152.094	Кол-во	Масса	Сложность	К _о
	1	0,190	4,642	1,775

Прокладка крышки ступорного люка АБВГ.754142.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	2	0,022	5,690	0,634
Крышка вытравляя ступорного люка АБВГ.735412.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,190	7,419	2,836
Кольцо АБВГ.711410.94	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	2	0,188	2,012	1,590
Кольцо АБВГ.711410.94-01	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	2	0,080	2,012	1,386
Кольцо АБВГ.711410.94-02	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	2	0,182	2,012	1,582
Крышка подшипника АБВГ.7113210.94	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	0,380	2,802	1,191
Крышка подшипника АБВГ.7113210.94-01	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	0,800	14,01	1,302
Шайба мас.подшипника АБВГ.711345.094	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	2	0,020	3,070	0,846
Крышка подшипника АБВГ.711352.094	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	04,00	24,10	2,055
Крышка подшипника АБВГ.711352.094-01	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	0,830	24,10	2,242
Шайб	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	11,820	3,535	14,008

Масложка залив АБВГ.714522.094	Кол-во	Масса	Сложность	К _о
	2	0,340	3,658	2,780

Воп АБВГ.715434.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	2,650	2,857	4,560
Воп-шестерня АБВГ.721422.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	1640	2,636	4,084
Кольцо зидящее АБВГ.721482.094	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	9,640	3,248	10,460
Основание корпуса АБВГ.732115.094	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	8,190	4,801	16,575
Крышка корпуса АБВГ.732184.094	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	7,010	4,901	15,890
Прокка АБВГ.7141210.94	Кол-до	Масса	Сложность	К_о
	1	0,050	14,15	04,23
Получило АБВГ.744356.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	2,380	2,774	4,249
Болт АБВГ.75812101	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,013	12,60	0,292
Вулн М12х55 АБВГ.75814101	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,063	13,67	04,24
Вулн М12х70 АБВГ.75814102	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	10	0,160	13,670	4,370
Вулн ВМ6х20 АБВГ.75816101	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	6	0,036	74,10	14,28

Гайка М20 АБВГ.758412.094	Кол-во	Масса	Сложность	К _о
	1	0,035	1889	0,531

Шайба поливинилов АБВГ.758486.01	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	10	0,035	11,520	1,730
Шайба ступорная АБВГ.7584810.94	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,0039	1,663	0,156
Шайба концевая АБВГ.712342.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,060	1575	0,569
Шпонка 10х8х32 АБВГ.758552.01	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,020	0,997	0,638
Шпонка 12х8х50 АБВГ.758552.02	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	2	0,080	1,994	14,52
Шпифт 5х20 АБВГ.758343.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	0,0037	0,791	0,247
Шпифт 6х25 АБВГ.758365.094	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	2	0,0051	1,978	1,802
Подшипник 306 ГОСТ 8338-75	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	2	-	-	-
Подшипник 309 ГОСТ 8338-75	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	2	-	-	-
Манжета ГОСТ 8752-79 11-30х52-1	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	-	-	-
Манжета ГОСТ 8752-79 11-45х65-1	Кол-во	Масса	Сложность	К_о
	1	-	-	-

Номенклатурный план выпуска продукции предприятия АВС «Редуктор»

Редуктор	Масса, кг	Сложность изделия, квашт.*	Единица измерения	Объем выпуска по годам						Итого	
				05 базовый	06 прогноз.	07 прогноз.	08 прогноз.	09 прогноз.	10 прогноз.	шт.	квашт.
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PK-500	1230	578,06	<u>шт.</u> квашт.	<u>985</u> 569330	<u>1300</u> 751400	<u>1400</u> 809200	<u>1400</u> 809200	–	–	5085	2939130
PK-600	2122	858	<u>шт.</u> квашт.	<u>889</u> 762762	<u>1000</u> 85800	<u>1100</u> 943800	<u>1100</u> 943800	–	–	4089	3508362
ЦУ-160	75	80	<u>шт.</u> квашт.	<u>7220</u> 577600	<u>9000</u> 720000	<u>9000</u> 720000	<u>8000</u> 640000	1000 8000	–	34220	2737600
1.ЦУ-160	75	88	<u>шт.</u> квашт.	–	–	–	–	<u>7000</u> 616000	<u>8000</u> 704000	15000	1320000
Ц2У-100	22	56	<u>шт.</u> квашт.	<u>41010</u> 2296560	<u>41350</u> 2315600	<u>42027</u> 2353512	<u>40000</u> 2240000	–	–	164387	9205672
ЦЦ2У-100	21	61,6	<u>шт.</u> квашт.	–	–	–	<u>1000</u> 61600	<u>52000</u> 3203200	<u>52000</u> 3203200	105000	6468000
Ц2У-125	32	63	<u>шт.</u> квашт.	<u>33267</u> 2095821	<u>34000</u> 2142000	<u>32500</u> 2110500	<u>33000</u> 2079000	–	–	133767	8427321
ЦЦ2У-125	31,5	69	<u>шт.</u> квашт.	–	–	–	<u>7000</u> 483000	<u>44000</u> 3036000	<u>44000</u> 3036000	95000	6555000
Ц2У-160	95	136	<u>шт.</u> квашт.	<u>102018</u> 13874448	<u>101000</u> 13736000	<u>64250</u> 8738000	<u>50530</u> 6872080	–	–	317798	43220528
ЦЦ2У-160	95	150	<u>шт.</u> квашт.	–	<u>2000</u> 300000	<u>40000</u> 6000000	<u>40000</u> 6000000	<u>97515</u> 14627250	<u>103250</u> 15487500	282765	42414750
Ц2У-200	170	198	<u>шт.</u> квашт.	<u>66541</u> 13175118	<u>71000</u> 14058000	<u>53000</u> 10494000	<u>53000</u> 10494000	–	–	243541	48221118
ЦЦ2У-200	170	218	<u>шт.</u> квашт.	–	<u>2000</u> 436000	<u>2000</u> 436000	<u>20000</u> 4360000	<u>73000</u> 15914000	<u>73000</u> 15914000	170000	37060000
Ц2У-250	320	254	<u>шт.</u> квашт.	<u>35665</u> 9058910	<u>37000</u> 9398000	<u>48701</u> 12370054	<u>46000</u> 11684000	–	–	167366	42510964

1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
И12У-250	320	279	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	–	$\frac{3000}{837000}$	$\frac{49000}{13671000}$	$\frac{50000}{13950000}$	102000	28458000
И12У-250С	310	304	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	$\frac{2037}{619248}$	$\frac{2200}{668800}$	$\frac{2200}{668800}$	$\frac{2200}{668800}$	$\frac{2200}{668800}$	$\frac{2200}{668800}$	13037	3963248
И13У-160	104	151		$\frac{3195}{482445}$	$\frac{3000}{453000}$	$\frac{3000}{453000}$	$\frac{500}{75500}$	–	–	9695	1463945
И13У-160	106	166	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{10}{1660}$	$\frac{2500}{415000}$	$\frac{3000}{498000}$	$\frac{3000}{498000}$	8510	1412660
И13У-200	180	204	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	$\frac{7897}{1610988}$	$\frac{7500}{1530000}$	$\frac{7500}{1530000}$	$\frac{5500}{1122000}$	–	–	28397	5792988
И13У-200	190	224	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{110}{24640}$	$\frac{2000}{44800}$	$\frac{7500}{1680000}$	$\frac{7500}{1680000}$	17110	3832640
И13У-250	335	287	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{6500}{1865500}$	$\frac{14000}{4018000}$	$\frac{15000}{4305000}$	$\frac{15000}{4305000}$	50500	14493500
ПУ1-400	287	198	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	$\frac{128}{25344}$	–	–	–	–	–	128	25344
ПУ1-400С	287	187	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	$\frac{11}{2057}$	–	–	–	–	–	11	2057
КИ2 БКФ-205	55	122	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{5}{610}$	$\frac{55}{6710}$	$\frac{55}{6710}$	$\frac{55}{6710}$	170	20740
КИ2 БКФ-260	103	180	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{54}{9720}$	$\frac{140}{25200}$	$\frac{200}{36000}$	$\frac{260}{46800}$	654	117720
КИ2 БКФ-360	203	245	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{50}{12250}$	$\frac{130}{31850}$	$\frac{130}{31850}$	$\frac{265}{64925}$	575	140875
КИ2 БКФ-450	400	344	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{5}{1720}$	$\frac{50}{17200}$	$\frac{50}{17200}$	$\frac{50}{17200}$	155	53320
КИ2 БКФ-565	570	490	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{5}{2450}$	$\frac{15}{7350}$	$\frac{20}{9300}$	$\frac{25}{12250}$	65	31850
И2 БКИ-80		67	$\frac{\text{шт.}}{\text{кв.шт.}}$	–	–	$\frac{56}{4288}$	$\frac{150}{10050}$	$\frac{210}{14070}$	$\frac{270}{180090}$	686	46498

1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЦЗ ВКШ-125	60	133	<u>шт.</u> квашт.	–	–	<u>102</u> 13566	<u>180</u> 23940	<u>190</u> 25270	<u>210</u> 25930	682	90706
ЦЗ ВКШ-160	120	209	<u>шт.</u> квашт.	–	–	<u>102</u> 21318	<u>150</u> 31350	<u>180</u> 37620	<u>215</u> 44935	647	135223
ЦДР-170	33	82	<u>шт.</u> квашт.	–	–	<u>4200</u> 344400	<u>4400</u> 360800	<u>4700</u> 385400	<u>5200</u> 426400	18500	1517000
ЦДР-Ч-80	19	130	<u>шт.</u> квашт.	<u>70050</u> 9106500	<u>70000</u> 9100000	<u>72000</u> 9360000	<u>72000</u> 9360000	<u>72000</u> 9360000	<u>72000</u> 9360000	428050	55646500
ЦДР-ЦС-65	16	140	<u>шт.</u> квашт.	<u>1238</u> 173320	<u>1750</u> 245000	<u>2150</u> 310000	<u>2500</u> 350000	<u>3000</u> 420000	<u>3500</u> 490000	14138	1979320
ЦДР-ЧС-82	3,2	25	<u>шт.</u> квашт.	2289 57225	3350 83750	<u>4300</u> 107500	<u>4500</u> 112500	<u>5000</u> 125000	<u>6000</u> 150000	25439	635975
УСК17А-030	140	265	<u>шт.</u> квашт.	–	<u>50</u> 13250	<u>50</u> 13250	<u>1000</u> 265000	<u>1500</u> 397500	<u>1500</u> 397500	4100	1086500
УСК17А-40-310	87	180	<u>шт.</u> квашт.	–	<u>50</u> 9000	<u>50</u> 9000	<u>1000</u> 180000	<u>1500</u> 270000	<u>1500</u> 270000	4100	738000
		Итого:	<u>шт.</u> квашт.	<u>374440</u> 5487676	<u>387550</u> 56817800	<u>397427</u> 59719738	<u>417000</u> 65032930	<u>439950</u> 69435670	<u>449000</u> 70779240	2465367	376273054

* Сложность изделий в квалитетрическом параметре рассчитана без подшипников и крепежных деталей, получаемых по кооперации.

Таблица П17.1 – Технологическая оснастка детали редуктора ЦУ-200, корпус-123001

Приспособления	Калиметрический показатель К _{о.пр}	Режущий инструмент	Калиметрический показатель К _{о.р}	Мерительный инструмент	Калиметрический показатель К _{о.м}
Приспособление 7222-6084	192,76	Фреза 400 2214-0179 ГОСТ 9473-80	17,11	Скоба 8113-4029 25 16 СТП-5321-81	0,67
Плита настроечная 8454-6001-03	3,95	Головка резцовая 400, черт.5571	6,8	Линейка ШД-2 1000 ГОСТ 8026-75	
Приспособление 7222-6032	151,86	Сверло 2301-0083 ГОСТ 10903-77	3,42	Набор цупов №2 кл. 1 ГОСТ 882-75	2,8
Приспособления ЛМ622-001.41.001 ЛМ622-003.41.001 ЛМ622-006.41.001	128,04 146,41 151,5	Сверло 23,25 2301-0080 ГОСТ 10903-77	3,31	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75	2,61
Удлинитель 44×3×310 6240-6011-09	7,62	Цековка 50 2350-6029	6,48	Скоба 8113-4037 212-0,5 СТП 5321-81	0,67
Оправка 6240-6015	12,76	Зенкер 24А3 2320-6024	4,27	Плита 2-1600×1000 ГОСТ 10905-75	0,12
Удлинитель 26×1×240 6240-6011-02	4,2	Сверло 14 2301-0046 ГОСТ 10903-77	2,84	Штангенрейсмус ПР 0-250 ГОСТ 10905-75	6,3
Удлинитель 26×2×270 6240-6014-02	4,81	Зенковка 30×900	3,9	Пробка 8133-0938 24Н14 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	6,2
Державка 6242-6007-02	4,18	Метчик 2620-1617Н4 М16	4,69	Пробка 8133-0923 13,9 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	4,81
Патрон 2006160-6002-01	6,16	Сверло 18,25 2301-6025-02	3,2	Пробка 8221-3067 М16-7Н ГОСТ 17758-72	7,85

Продолжение таблицы П17.1

Приспособления	Калиметрический показатель $K_{o,ip}$	Режущий инструмент	Калиметрический показатель $K_{o,p}$	Мерительный инструмент	Калиметрический показатель $K_{o,m}$
Удлинитель 44×4×155 6240-6012-03	4,31	Цековка 32 2350-6028-01	5,82	Пробка 8133-0933 18,25 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	5,2
Державка 6242-6008-01	5,02	Сверло 14,25 2301-6025	2,8	Пробка 3133-0929 14,25 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	5,33
Державка 6242-6007-03	4,18	Цековка 25 2350-6028	5,58	Штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ГОСТ166-80	18,28
		Метчик 2620-1713Н4 М20×1,5 ГОСТ 3266-80	5,07	Пробка 8221-3068 М16×1,5-7Н ГОСТ 17758-72	7,9
		Метчик 2620-1609Н4 М16×1,5 ГОСТ 3266-80	4,69	Пробка 8221-3082 М20×1,5-7Н ГОСТ 17758-72	8,25

446

Таблица П17.2 – Технологическая оснастка детали редуктора Ц2У-200, крышка-123002

Приспособления	Калиметрический показатель $K_{o,ip}$	Режущий инструмент	Калиметрический показатель $K_{o,p}$	Мерительный инструмент	Калиметрический показатель $K_{o,m}$
Приспособление 7222-6033	167,69	Фреза 400 2214-0179 ВК8 ГОСТ 9473-80	17,11	Скоба 8113-4027 СТП 5321-81	0,67
Фиксатор распорный 7037-600701	9,18	Сверло 17 2300-0097 ГОСТ 886-77	2,98	Линейка ШД-2-1000 ГОСТ 8026-76	0,15
Плита настроечная 8454-6001	3,65	Сверло-развертка 16,5 172382-6005-01	9,23	Набор щупов КП 202 ГОСТ 882-75	2,8

446

Продолжение таблицы П17.2

Приспособления	Калиметрический показатель $K_{ор}$	Режущий инструмент	Калиметрический показатель $K_{ор}$	Мерительный инструмент	Калиметрический показатель $K_{ом}$
Подвеска 21-00 СТП 4359-73	18,46	Сверло 18,25 2310-6009	5,64	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75	2,61
Приспособление АМ 8103-041	138,96	Цековка 30 2351-6006	5,44	Пробка 6133 0931 17Н14 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	6,01
Удлинитель 6240-6011-07 44×3×280		Метчик 2620-1713-112	5,52	Пробка 8133-932 18,25 ГОСТ 14810-69 СТП 5301-76	5,67
Втулка 6100-0143 ГОСТ 13598-68 СТП 4463-78	2,48			Штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-80	18,28
Приспособление АМ 8104-041	144,08			Пробка 3221-3082 М20×1,5-7Н ГОСТ 17758-72	8,25
Оправка 6240-6013-02	10,11				
Оправка 6240-6013-03	12,04				
Гайка 36 НВ 09-01	1,02				
Винт М10×10 НВ-09-02	0,95				
Приставка 7,5×2	4,2				
Державка 6242-6008	5,02				
Удлинитель 36×4×268 6120-6002	7,5				
Приспособления Σ =	539,41	Режущий инструмент	45,92	Мерительный инструмент	44,44

Научное издание

Юрий Семенович Пер

Экономическая метрология

Квалиметрия в управлении проектированием

Подготовка к изданию:

Е.А. Баженова

Подписано в печать __.__.2019. Формат 60х84/16.

Печать RISO. Бумага писчая. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 11,39.Заказ № 205. Тираж 100 экз.

Отпечатано: Общество с ограниченной ответственностью

«Издательство «Шелест»

426060, УР, г. Ижевск, ул. Энгельса, 164

+7-(904)-317-76-93, +7-(963)-548-51-43

shelest.izd@yandex.ru, malotirazhka@mail.ru

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г.Ижевск, ул. Университетская, д.1, корп.4, каб. 207

Тел./факс: +7 (3412) 500-295 Email: editorial@udsu.ru